КОСМОС
И
ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ

МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ

«КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА»

МОСКВА — 1974

Научный Совет
по проблеме "Пути и закономерности
исторического развития животных и растительных организмов"

Палеонтологический институт АН СССР

Московское общество испытателей природы

К О С М О С
И
Э В О Л Ю Ц И Я О Р Г А Н И З М О В

Материалы Совещания
"КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ
И
ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА"

Ответственные редакторы
Н.Н.Крамаренко и А.Л.Чепалыга

Москва
1974

Содержание

стр.

стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник содержит доклады, представленные на Совещание "Космические факторы и эволюция органического мира", организованное Научным Советом по проблеме "Пути и закономерности исторического развития животных и растительных организмов", Палеонтологическим институтом АН СССР и Московским обществом испытателей природы. Для рассмотрения поставленной проблемы привлечены представители различных специальностей: биологи, биофизики, астрофизики, геофизики, геологи , палеонтологи, археологи. Основная идея заключается в том, что наряду с обычными условиями среды (температура, свет, соленость, грунт, влажность и т.д.) большую роль в эволюции организмов прошлого играли космические и геофизические факторы (геомагнитное поле, космические излучения, гравитация, астрономические факторы и т.д.).

Логическая последовательность изложения материалов этой проблемы - от причины к следствию - отражена в структуре сборника. Сначала рассматриваются изменения космических факторов во времени. Затем выясняется, какое влияние они оказывают на современные организмы. И, наконец, с учетом этих данных, излагается конкретный материал по эволюции организмов прошлого в связи с изменением космических и геофизических параметров Земли.

Основная задача сборника - изложить идеи и факты о космических влияниях на эволюционный процесс, а также дать возможность участникам Совещания заранее ознакомиться с этими материалами для более плодотворного участия в дискуссии.

Н.Н.Крамаренко

А.Л.Чепалыга

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Н.Н.Крамаренко, А.Л.Чепалыга
Палеонтологический ин-т
АН СССР

ПРОБЛЕМА ВЛИЯНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ ОРГАНИЗМОВ И ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Объяснение хода эволюционного процесса на основе существующих концепций встречает большие трудности. Возникает необходимость рассмотрения эволюции организмов в геологическом прошлом с новых позиций – на биосферном уровне и с учетом меняющихся космических условий. Ниже дается попытка осветить проблему космических влияний на эволюционный процесс с точки зрения палеонтологии.

Учение В.И.Вернадского о биосфере и проблема космических влияний

Выдающийся естествоиспытатель Владимир Иванович Вернадский, основатель учения о биосфере, рассматривал эволюцию органического мира Земли ("живое вещество") в планетарном масштабе, т.е. в масштабе биосферы. "Мы знаем, что организм в среде – не случайный гость: он часть ее сложной закономерной организованности. И частью этой же организованности является его эволюция" /I/.

Биосфера, взятая в целом, непосредственно соприкасается с Космосом и развивается под его влиянием. Организмы, как часть биосферы, испытывают влияние космических условий как непосредственно, так и через организованность биосферы. "Твари Земли являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма, в котором, как мы знаем, нет случайности". /I/.

Рассмотрение эволюции организмов только под влиянием частных геологических и экологических условий является неполным и не может претендовать на исчерпывающее объяснение факторов эволюции, хотя бы потому, что не может объяснить ряда важнейших моментов эволюции отдельных групп организмов; "... в биосфере мы должны искать отражения не только случайных единичных геологических явлений, но и проявления строения космоса..." /I/.

Космическая среда является также весьма важным фактором эволюции, определяющим наиболее общие черты эволюционного процесса. Космические факторы среды являются такими же важными экологическими условиями, как температура, соленость, грунт, влажность и др. Недооценка космической среды происходит из-за отсутствия ее очевидности, неуловимости ее нашими органами чувств, что отмечал еще В.И.Вернадский. "Нам трудно, может быть и невозможно, образно представить себе эту среду, к о с м и ч е с к у ю с р е д у м и р а , в котором мы живем, и в которой... мы различаем и измеряем по мере улучшения наших приемов исследования все новые излучения" /I/.

С другой стороны, в последнее время выясняется наличие взаимосвязи Космоса и биосферы. Биосфера в своем развитии изменяет космические условия на Земле образованием различного рода защитных экранов (например, озоновый экран и др.), которые ослабляют влияние космической среды на живые организмы, создавая условия для более быстрой их эволюции. "...живое само для себя создает оптимальные условия развития" /2/.

Изменение космических условий в геологическом прошлом

До последнего времени космические условия почти не учитывались при рассмотрении эволюции организмов. Одной из причин такого положения является представление о неизменности космических условий или их строгой периодичности. За последние годы в связи с успехами космохимии, палеомагнитологии, гелиобиологии и других наук выявлены значительные колебания космических и геофизических условий в геологическом прошлом. Ниже дается краткий обзор изменения космических факторов, имеющих значение для эволюции организмов.

Геомагнитное поле. В настоящее время напряженность геомагнитного поля изменяется от 0,6-0,7 эрстед на полюсах до 0,4 эрстед на экваторе. Установлено также, что геомагнитное поле меняется в значительных пределах в связи с изменением солнечной активности. В масштабе тысяч лет установлено изменение напряженности геомагнитного поля в размерах до 50 % современного его значения.

Наиболее крупные изменения геомагнитного поля в прошлом связаны с инверсиями - сравнительно быстрой сменой знака полярности. При этом напряженность геомагнитного поля уменьшалась в 3-10 раз. Установлена синхронность инверсий в глобальном масштабе, а по радиометрическим данным определен возраст инверсий. На основании этих данных составлена мировая палеомагнитная шкала /20/.

В пределах фанерозоя отмечаются периоды продолжительностью 160-180 млн лет с преимущественно прямой, обратной или знакопеременной намагниченностью / 3 /, которые связываются с галактическими циклами. Более мелкая периодичность, около 40 млн лет, может быть связана с пересечением Солнечной системой плоскости Галактики.

Влияние геомагнитного поля на живые организмы изучено довольно детально, но это влияние сложное, и реакция организмов дифференцированная /3а/. Имеющиеся данные о совпадении во времени эволюционных событий и палеомагнитных инверсий позволяет предполагать непосредственное влияние геомагнитных полей на эволюцию отдельных групп организмов (см. ниже).

Космические лучи. Защитные экраны биосферы, главным образом, магнитосфера, озоновый слой и атмосфера надежно защищают биосферу от жесткого космического излучения и до земной поверхности доходит ничтожная его доля. И только во время возмущений геомагнитного поля, когда меняется структура магнитосферы и радиационных поясов, интенсивность космического излучения может значительно меняться.

Изменение интенсивности космических лучей на поверхности Земли, наблюдаемое в настоящее время, зависит от геомагнитной широты (широтный эффект) и высоты над уровнем моря. Максимальные значения изокосм (изолиний космических лучей) наблюдаются в высоких широтах (I,70 пар ионов на $см^3$) минимальные – у экватора (до I,37), т.е. на 20 %. С высотой интенсивность космических лучей также увеличивается: на высоте 2000 м на 22 % больше, чем на уровне моря / 4 /. Таким образом, изменение широты или поднятие территории может привести к изменению интенсивности космических лучей.

Еще большие изменения интенсивности космических лучей вызываются солнечными вспышками, правда, они кратковременные. Так, вспышка 28 февраля I953 г. вызвала увеличение интенсивности космических лучей в Москве в 4 раза / 5 /.

Более длительное увеличение космического излучения может происходить во время геомагнитных инверсий. Правда, имеются отдельные высказывания, что даже при инверсиях геомагнитного поля в околоземном пространстве не вызовет повышения радиационного фона на поверхности Земли из-за поглощающего действия атмосферы / 6 /. Однако приведенный пример вспышки 23/П-I953 г. этому противоречит. Большая зависимость космического излучения от геомагнитного поля иллюстрируется на карте изокосм, которые идут параллельно линиям геомагнитной широты / 7 /. На основании изучения активности космогенных изотопов доказана четкая обратная зависимость интенсивности космических лучей от напряженности геомагнитного поля. за последние несколько тысяч лет / 7 /. Аналогично этому при инверсиях интенсивность космических лучей должна резко возрастать. Это весьма существенный момент для эволюции организмов.

В последнее время появились сведения об изменении интенсивности космических лучей в окрестности Земли в геологическом прошлом. Так, по данным А.К.Лаврухиной / 5 /, между I.200 и 900 млн лет назад интенсивность космических лучей, будучи близкая к современной, снизилась в 3 раза, и на таком уровне удерживалась до 300 млн лет назад, т.е. до середины карбона, после чего она снова возросла до современного уровня, и удерживается вплоть до настоящего времени.

Гравитация. Ранее считалось, что гравитационное поле ввиду постоянства массы Земли в прошлом существенно не менялось. Современное гравитационное поле на поверхности Земли варьирует в пределах всего около 0,5 %.

Однако, если рассмотреть движение Солнечной системы по орбите вокруг ядра Галактики, то выясняется, что из-за неоднородности масс в различных участках Галактики гравитация существенно меняется. Так, по расчетам Г.П.Тамразяна /12/, гравитационный потенциал Галактики в перигалактии на 27 % больше, чем в апогалактии. Особенно заметно (в десятки раз и больше) изменяется приращение (градиент) гравитационного потенциала. На галактической орбите изменяется расстояние от Земли до Солнца, и, соответственно, количество солнечной энергии, достигающее Земли. Поэтому апогалактий Г.П.Тамразян называет Галактической зимой, перигалактий - Галактическим летом, а промежуточные участки галактической орбиты - Галактической весной и осенью.

Проверка этих теоретических расчетов встречает пока большие трудности. Но уже имеются сведения о периодическом изменении гравитационного поля на основании реконструкции жизненных форм некоторых растений / I3/, а также по гранулометрическому составу субаквальных осадков / I4 /.

В последнее время выясняется влияние гравитации на эволюцию организмов, особенно в связи с их выходом из водной среды на сушу. Это потребовало от них существенной перестройки организации, в частности уменьшения размеров тела, увеличения относительного веса скелета, развития конечностей, усовершенствования энергетической и биохимической ба-

зы / 7, 8 /. Возник даже особый раздел науки - гравитационная биология / 8 /.

Солнечная радиация. Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, изменяется в зависимости от изменения излучающей способности Солнца и от положения Земли по отношению к нашему светилу.

Солнце представляет собой слабо переменную звезду, причем солнечная радиация изменяется в пределах 2-3 %. Однако в отличие от суммарной радиации ее коротковолновая часть колеблется в гораздо больших пределах, а влияние ультрафиолетовых лучей на климатические условия весьма существенно. Для солнечной активности характерна четко выраженная ритмичность. Основные ритмы составляют II, 22, 80-90 и 600 лет, а промежуточные - 5-6, 33, 44 и 300 лет / 9 /.

С другой стороны, отдельные элементы вращения Земли непостоянны и периодичны, причем каждый из элементов изменяет количество солнечной энергии, поступающей на земную поверхность:

прецессия (предварение) равноденствий имеет периодичность около 21000 лет;

наклон земной оси в пределах 24°36' до 21°58' меняется с периодичностью 40000 лет;

эксцентриситет (вытянутость) земной орбиты в настоящее время составляет около I/60 и периодически меняется каждые 94000 лет.

На основании изменения этих элементов вращения Земли делались попытки составления кривой солнечной радиации, сначала Кроллем (только для эксцентриситета земной орбиты), а затем Миланковичем (для всех трех элементов). Недавно кривая солнечной радиации пересчитана по новейшим данным / IO /. Интерпретация этой кривой И.И.Красновым / II / показывает хорошую сходимость расчетной кривой с реальным ходом природных процессов в антропогене. Кривая солнечной радиации удовлетворительно объясняет резкие изменения климатических условий и состояния биосферы за последние 3,0 млн лет, в частности, чередование ледниковых и межледнико-

вых (аридных и плювиальных) эпох, колебания уровня океана, почвообразовательного процесса, террасообразования и, наконец, изменения систематического состава фауны и флоры.

Этапность развития органического мира - отражение этапов эволюции биосферы в Космосе

В истории органического мира выделяются крупные и более мелкие этапы его эволюции. Как в геологических, так и в эволюционных процессах, изучена целая иерархия уровней этапности, периодичности и цикличности. Практически все циклы повторяемости геологических и биологических процессов связаны с цикличностью космических, планетарных и солнечных процессов /I5, I6, I7/.

Наиболее крупный, так называемый, галактический цикл с периодом около I50-200 млн лет связан с орбитой движения Солнечной системы вокруг центра Галактики. В истории Земли он почти полностью совпадает с циклами горообразования: альпийским (последний галактический год, мезозой и кайнозой), герцинским (предпоследний галактический год, поздний палеозой) и каледонским (ранний палеозой). С галактическим циклом связаны наиболее крупные изменения органического мира, например, на рубеже докембрия и палеозоя, палеозоя и мезозоя.

Другие космические циклы (около 80 и 40 млн лет) обычно связываются с обращением Солнечной системы вокруг Местной звездной системы в созвездии Геркулеса и пересечением плоскости Галактики и совпадают с продолжительностью кайнозойской эры и некоторых геологических периодов. С ними также связаны крупные изменения органического мира (например, на рубеже мезозоя и кайнозоя).

Более мелкие ритмы около 7-8, 3,5-4,0, а также I,0-I,5 млн.лет совпадают с продолжительностью геологических эпох, веков и биозон, и также связываются с космической и планетарной цикличностью. Они сопровождаются изменением состава организмов, в основном, на уровне родов и видов. Считается, что самой мелкой биостратиграфической единицей планетарного

масштаба является биозона (оппельзона). Имеются основания полагать, что типичная биозона отражает ритм I,0-I,5 млн лет. Сейчас уже известны более дробные подразделения.

Расчленение плиоцен-четвертичных отложений показывает неограниченные возможности дробной периодизации истории Земли. Здесь четко прослеживается периодичность I,0-I,5млн. лет, например,продолжительность "ярусов" акчагыла и апшерона (= раннего и позднего виллафранка Европы, раннего и позднего бланко Северной Америки и т.д.).

Более мелкие подразделения связаны с циклами продолжительностью 0,7-0,8 млн лет (первая и вторая трансгрессии акчагыла, продолжительность плейстоцена в узком смысле). Можно также считать установленной периодичность около 400 тыс. лет - это большой Ледниковый ритм, включающий несколько межледниковых и ледниковых эпох, например, доднепровский плейстоцен / II, I8 /.

Ледниковые ритмы четко выделяются резкими климатическими колебаниями и изменением фауны и флоры. Ритм около I00 тысяч лет образуют сложно построенные ледниковые межледниковые эпохи с несколькими пиками похолоданий и потеплений (например Лихвин или Миндель-рисс, днепровское максимальное оледенение и т.д.). Большие ледниковые или межледниковые эпохи отражают ритм около 40 тыс. лет, а малые ледниковья (межледниковья) и крупные стадии (интерстадиалы) образуют ритмичность с периодом около 20 тыс. лет.

Последние три ритма в 20, 40, I00 тыс. лет очень близки к периодичности астрономических параметров Земли: прецессии равноденствий (2I тыс. лет), изменению наклона земной оси (40 тыс. лет) и изменению эксцентриситета земной орбиты (94 тыс. лет).

Более мелкие ритмы изменений климата, вероятно, также связаны с астрономическими и косическими причинами. В последнее время на основании абсолютных датировок установлена синхронность мелких климатических колебаний в планетарном масштабе, в частности, климатических подразделений последнего оледенения . Имеются еще более мелкие колебания

климата с продолжительностью около II000, 2000, 90-I00, 22 и, наконец, II лет, отражающие уже солнечные ритмы.

Таким образом, благодаря наличию космической обусловленности колебаний природных условий возможно выявление этапности развития биосферы на самых разных уровнях.

Космические условия как фактор эволюции

Обычно эволюционные процессы прошлого рассматриваются под влиянием частных экологических и геологических условий. Однако этих данных явно недостаточно, т.к. иногда трудно установить даже синхронность этих явлений. Более того, в геологических разрезах эволюционные изменения организмов (появление новых форм и вымирание старых) часто наблюдаются в монофациальных осадках и не сопровождается видимыми геологическими событиями (орогенезом, вулканизмом, колебаниями уровня океана).

Так, исследования Е.А.Ивановой по карбону Подмосковного бассейна показали, что "начало крупных изменений морской фауны, ведущих к преобразованию всего комплекса в целом, происходило, вопреки общераспространенному мнению, не в результате явлений диастрофизма, не в результате трансгрессий и регрессий, а п р е д ш е с т в о в а л о им" /I9 /. В эволюции палеозойских форманифер Тянь-Шаньской геосинклинальной области М.Н.Соловьевой отмечен "феномен асинхронности" с фазами орогенеза и вулканизма, причем эволюционные процессы также п р е д в а р я л и геологические события/20/. Вывод о предварении геологических событий эволюционными является фундаментальным достижением палеонтологии, имеющим далеко идущие последствия. Возможно, что космические факторы сразу отражаются на состоянии биосферы и органического мира, тогда как земная кора реагирует на эти изменения с запозданием через изменение структуры геосфер Земли.

В последние годы накоплен материал по изучению эволюции организмов в связи с космическими факторами. Особенно наглядно видна эта зависимость по океаническим колонкам, в которых изменение систематического состава фораминифер, радио-

лярий и наннопланктона приурочено к зонам учащенных инверсий геомагнитного поля. Так, с двойным эпизодом Олдувей (4 инверсии) связано появление новых видов и подвидов планктонных фораминифер и вымирание плиоценовых форм / 21 /. Аналогичные эволюционные изменения наблюдаются одновременно у других групп морских организмов: дискоастерид, радиолярий, кокколитофорид и др. К инверсиям геомагнитного поля, возможно, приурочена смена фаун и на материках, например, фаун млекопитающих Северной Америки и Северной Азии / 21 /.

Влияние космических условий на эволюции организмов многообразно. Так, синхронность эволюционных изменений в различных частях земного шара ввиду их глобального характера не может не иметь космической обусловленности. Структура и симметрия космических объектов и процессов служили моделями для построения жизненных форм в процессе эволюции организмов / 22, 23/. Вообще, космос - это неисчерпаемый источник информации для направленности хода эволюционных процессов на различных структурных уровнях от молекулярного до биосферного.

Палеонтологические остатки как источник информации о космической среде прошлого

Жизнь, а следовательно и биосфера, существуют на Земле, по крайней мере, 3,5 миллиарда лет. Живые организмы являются наиболее тонкими индикаторами изменений окружающей среды, в том числе космических условий. Вполне естественно ставить вопрос о реконструкции космических условий прошлого на основании ископаемых остатков древних организмов.

В частности, сама непрерывность жизни на Земле свидетельствует о постоянстве радиации Солнца за последние несколько миллиардов лет и отсутствии катастрофических взрывов в ближайшем Космосе. Это характеризует наше светило как звезду постоянную, существенно не меняющую своей светимости в течение длительного геологического времени.

Весьма ценную информацию можно извлечь, изучая жизненные формы и внутреннюю структуру организмов. Известны рабо-

ты по периодичности роста кораллов и двустворок, из которых делается вывод о бо́льшей продолжительности года в сутках в палеозое и замедлении вращения Земли / 24 /. Эти данные хорошо согласуются с расчетами торможения вращения Земли приливной волной Луны.

Для изучения космических излучений наиболее перспективным является исследование изотопного состава палеонтологических остатков. Выявление изотопного состава скелетных остатков древних организмов позволит реконструировать изменение космических условий в окрестности Земли, а учитывая ее движение вместе с Солнечной системой вокруг центра Галактики, то и в различных частях нашей звездной системы. Принципиально возможно изучать структуру Галактики по орбите Солнечной системы, а также процессы в ядре Галактики, вспышки Сверхновых и т.д. Особенно перспективными для этой цели могут быть космогенные изотопы. Для сравнительно недавнего времени (последние миллионы лет) можно использовать изотопы алюминия-26, хлора-36, бериллия-10 с периодами полураспада соотвественно 0,74, 2,6 и 2,9 млн лет, а для древних этапов эволюции Земли - долгоживущие изотопы, например калий-40 с периодом полураспада 1,48млрд лет и др.

Такого типа работы уже проводились. Так, на основании изменения содержания космогенного изотопа углерода-14 по годичным кольцам долгоживущих деревьев не только установлена кривая изменения интенсивности космических лучей, но выявлена коррелятивная связь интенсивности космических лучей с солнечной активностью для периода с 1880 г. Впоследствии удалось изучить вариации интенсивности космических лучей в связи с напряженностью геомагнитного поля вплоть до 7000 лет назад / 5 /. Имеются также попытки детектирования вспышек Сверхновых в интервале $2 \div 6 \cdot 10^5$ лет назад по содержанию космогенных изотопов в океанических осадках / 5 /.

Эти примеры иллюстрируют возможность реконструкции космических условий на основании изучения палеонтологических остатков.

Литература

I. Вернадский В.И. Избранные труды, 5, I960
2. Шварц С.С. Вестник АН СССР, 9, I973
3. Cox A. Science, 163, 3864, 1969.
3а. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М., "Наука", I968
4. Росси Б. Космические лучи. Атомиздат, М., I966
5. Лаврухина А.К. Ядерные реакции в космических телах. М., "Наука", I972
6. Waddington C.J. Science, 158, 3803, 1967
7. Коржуев П.А. Эволюция, гравитация, невесомость, М., "Наука" I97I
8. Дубинин Н.П. Гравитационная биология, "Правда", от 6 января I974 г.
9. Зигель Ф.Ю. Статья в настоящем сборнике
I0. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. Тр. Ин-та теоретической астрономии, I4, I969
II. Краснов И.И. Статья в настоящем сборнике
I2. Тамразян Г.П. Изв. ВУЗ'ов, Геология и разведка, II, I967
I3. Красилов В.А. Палеонтологический ж., I, I969
I4. Смирнова Л.С., Любина Ю.Н. ДАН СССР, I87, 4, I969
I5. Балуховский Н.Ф. Геологические циклы, "Наукова думка", Киев, I966
I6. Бубнов С.Н. Основные проблемы геологии. Изд. Моск.унив., М., I960
I7. Лунгерсгаузен Г.Ф. В сб. "Проблемы планетарной геологии" М., Геолтехиздат, I967
I8. Зубаков В.А. В сб. "Чтения памяти Л.С.Берга", Л., I968
I9. Иванова Е.А. Развитие фауны в связи с условиями ее существования. Тр. ПИН, 69, 3, Изд-во АН СССР, М., I958
20. Соловьева М.Н. Статья в настоящем сборнике
21. Зудин А.Н., Поспелова Г.А., Сакс В.Н. Геология и геофизика, 8, I969
22. Пресман А.С., статья в настоящем сборнике
23. Хоменко Т.А., статья в настоящем сборнике
24. Panella G., Mac Clintock, Thompson M. Science, 162, 3855, 1968

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

А.С.Пресман
Московский университет

ПЛАНЕТНО-КОСМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Середина нашего века ознаменовалась лавинообразным ростом знаний о все более интимных структурах и процессах в живой природе. Эти блестящие успехи экспериментальной биологии породили у многих ученых надежду, что вот-вот будет решена извечная проблема о единых основах жизни - познаны фундаментальные свойства и законы, обусловливающие специфические особенности живого, возникновение, развитие и существование великой иерархии форм и функций жизни.

Однако в последние годы очевидной стала беспочвенность этих надежд, когда стали осознавать то обескураживающее обстоятельство, что в попытках решить проблему о единых основах жизни мы "гоняемся за признаком", ибо не знаем сущности самого предмета проблемы - критерия жизни. И более того, явно вырисовывается конфликтная ситуация между знанием и пониманием: чем шире и детальнее становятся наши знания о многообразии явлений и уровней жизни, тем более глубокие противоречия возникают по поводу критерия жизни - в чем его искать? где искать? как искать?

Подобная ситуация не раз возникала в фундаментальных проблемах естествознания и всегда преодолевалась путем коренного пересмотра исходных представлений в постановке проблемы. Так создавалась гелиоцентрическая концепция, теория относительности, квантовая физика и другие теории. Очевидно, что и проблема о единых основах жизни не может быть решена без коренного пересмотра традиционных представлений о сущности

жизни, истоках ее возникновения и развития. Основные идеи такого пересмотра выдвинул еще полвека тому назад В.И.Вернадский, обосновавший принципиально новый подход к познанию жизни в своем учении о биосфере - планетной организованной системе, в которой живая природа возникла, развивалась и ныне функционирует в динамическом равновесии с окружающей земной и космической средой.

В данной статье мы рассмотрим главные противоречия, возникшие в поисках путей к решению проблемы о единых основах жизни и с позиций учения о биосфере попытаемся наметить новый подход к этой проблеме - планетно-космические основы организации жизни.

От физического критерия жизни - к кибернетическому

В великом многообразии форм и функций живой природы давно уже обнаружены общие, единые черты. С одной стороны, это единство строения и состава: все живое построено из клеток, подобных по структуре, обнаруживается общность химического состава всех клеток. С другой стороны, это единство способов функционирования всего живого; проявляющихся в характерных свойствах поведения клеток и организмов.

На основе единства клеточного строения живого и общности химического состава клеток у большинства биологов сложилось убеждение, что единицей живого является клетка и что первопричину отличия живого от неживого надо искать в специфичности физико-химической природы ее элементарных составляющих, то есть искать физический критерий жизни. Однако эти попытки оказались безуспешными: в клетке содержатся те же химические элементы, что и в неживых объектах, а структура и свойства биополимеров и их низкомолекулярных компонентов принципиально не отличаются от таковых у полимеров в неживой природе; установлено, что одни и те же химические структуры используются в клетке для совершенно различных целей. Таким образом мы не обнаруживаем какой-либо специфичности химического состава клеток по сравнению с таким составом неживых объектов.

С открытием молекулярных основ наследственности специфику живого пытались объяснить высокой упорядоченностью ДНК с физической, термодинамической точки зрения. Но оказалось, что упорядоченность этих биополимеров, выраженная в энтропийных единицах, не больше упорядоченности построения полимеров, встречающихся в неживой природе. Таким образом, "живые системы с точки зрения физики упорядочены ничуть не больше, чем неживые, но их упорядочение имеет смысл, так как оно заложено в устройство, способное создавать информацию" /I/.

Это обсуждение вопроса о критерии жизни привело к заключению, что ".. принципиальных физических отличий живой материи от мертвой не существует и поэтому физических критериев жизни предложить нельзя" /I/ (курсив мой. - А.П.).

Итак, анализ физической структуры и свойств живых объектов не приводит к выявлению критерия жизни. И ныне взоры ученых обращаются к рассмотрению общности функционирования этих объектов, к выявлению особенностей биологической организации. Иначе говоря, речь идет о кибернетическом критерии жизни. На первый план выступают вопросы о принципах организации биосистем, об обмене и накоплении информации в этих системах, об уровнях организации в живой природе. Однако именно в поисках ответов на эти вопросы и возник все возрастающий разрыв между знанием и пониманием.

Биологическая организация и пути ее познания

То, что организмы и клетки как-то организованы, очевидно из рассмотрения характерных признаков их поведения: вещественно-энергетического обмена, роста и размножения, раздражимости и приспособляемости; очевидной представляется и автономность организмов (а с некоторыми ограничениями и клеток), самостоятельно функционирующих и воспроизводящихся. На основе кибернетического анализа этих признаков и сложились общие представления о биологической организации клеток и организмов. Их рассматривают как автономные, открытые самоорганизующиеся системы, способные самовоспроизводиться, развиваться и сохранять свою целостность и динамическую устойчивость во взаимодействии с неорганизованной внешней сре-

дой. Однако эти интуитивно очевидные представления о биологической организации не раскрывают ее первоосновы.

Широко распространенные попытки расчета объема информации в биосистемах в единицах негэнтропии вряд ли имеют смысл, негэнтропия в неживых системах оказывается того же порядка /I/. Дело в том, что имеется ".. существенное смысловое различие между тесно связанными понятиями негэнтропии и информации.. Два объекта могут быть приравнены друг к другу в отношении количества заключающейся и в том и другом негэнтропии, в то же время эти объекты могут существенно различаться между собою в отношении информации.." /2/. Биологическая организация определяется содержательной, а не количественной стороной информации: ".. для живых систем огромное значение имеет качество информации, которое мы пока не умеем учитывать" /3/. Трудность выявления "содержательной" (функциональной) информации удачно иллюстрирует Р.Джерард /4/: в нераспечатанной колоде карт упорядоченность их расположения очевидна (регулярность, симметрия, повторяемость). Но если карты расположены по неизвестной нам кодовой фразе, то найти эту упорядоченность весьма трудно, внешне кажется, что карты лежат беспорядочно.

Принципы биологической организации пытаются выявить на основе аналитического подхода - расчленения живого объекта на все более простые части и изучения физико-химической природы самых элементарных структур и процессов. Однако такой подход представляется несостоятельным, так как, по нашему глубокому убеждению, в биологии мы сталкиваемся с принципом дополнительности - необходимости изучать живые объекты на основе двух взаимоисключающих подходов. Если нас интересует вещественно-энергетическая сторона объекта, то правомерен аналитический подход (и он себя здесь вполне оправдал), однако, при этом мы разрушаем организацию объекта - предмет исследования. Если же мы хотим понять принципы структурно-функциональной организации объекта, то должны пользоваться системным, функциональным подходом, свободным от каких-либо предпосылок о конкретной физико-химической природе структур и процессов, участвующих в этой организации /5,6/.

Такой подход сформировался в "Общей теории систем"/7,8/, в которой организм рассматривается как иерархически организованная открытая система, обменивающаяся со средой веществом и энергией, а живая природа - как иерархия таких систем; постулируется сравнительный функциональный подход к выявлению принципов организации на разных уровнях иерархии. Однако эта теория не разрешает основного вопроса: в чем состоит сущность биологической организации и каковы ее истоки? Причина этого заключается, на наш взгляд, в том, что эта теория базируется на,казалось бы,очевидных общих представлениях о биологической организации - самовоспроизводимости организмов и самоорганизации их развития, рассмотрении клеток и организмов как основных единиц жизни.

А между тем в последнее время высказывают серьезные сомнения в правомерности этих представлений и все больше ощущается необходимость коренного их пересмотра с каких-то принципиально новых позиций.

От организма - к биосфере

Обсуждая идею создания самовоспроизводящихся автоматов, Дж.Нейман /9/ указал на многозначительное противоречие: при самовоспроизведении автоматов неизбежно уменьшение их сложности - вырождение, а между тем "организмы воспроизводят себя, то есть воспроизводят новые организмы,без уменьшения сложности. Таким образом,между правдоподобием наших выводов и очевидностью фактов налицо явное несоответствие, если не хуже". Причину этого несоответствия усматривают ныне в том, "что живые организмы, строго говоря, также не являются самовоспроизводящимися. Они воспроизводят себя в условиях очень сложной среды, в биосфере". /IO/. Принципиальные противоречия обнаруживают и в представлении о самовоспроизведении ДНК: "..результат воспроизведения определяется не только начальным состоянием организма, но также специфически зависящем от времени взаимодействием со средой... предложенная модель самоудвоения ДНК противоречит не только некоторым принципам биологии, но также и определенным принципам физики" /II/. В этом свете необоснованным представляется

предположение /I2/, что жизнь могла возникнуть из полимеров с любой последовательностью нуклеотидов, лишь бы эти полимеры в благоприятных условиях самовоспроизводились.

Итак, мы приходим к необходимости пересмотра представления о самовоспроизведении как первоосновы размножения организмов и самого возникновения жизни и поисков этой первоосновы в сложно организованной внешней среде - биосфере.

На основе термодинамических соображений высказывают сомнение в возможности автономной самоорганизации биосистем. Под "самоорганизацией" следует понимать способность системы понижать свою энтропию, извлекая из окружающей среды не только вещества и энергию, но порядок (негэнтропию), а при этом должна повышаться энтропия среды - происходить ее дезорганизация, иначе будет нарушен второй закон термодинамики /I3/. Но все живое не только не дезорганизует среду, а наоборот, преобразует, реорганизует ее. Причину этого противоречия усматривают в том, /I0/ что организмы извлекают из среды не негэнтропию, а "содержательную" информацию, что не может приводить к дезорганизации(как, например, при извлечении информации из книги). "Чем сложнее организм, тем большую информацию он извлекает из внешней среды. Индивидуальное развитие особи с этой точки зрения представляет собой, в своей сущности, процесс отбора нужной информации".. /I4/ (курсив мой - А.П.). По нашей гипотезе /I5/ в развитии организма поэтапный переход ко все более сложным структурам связан с восприятием ими информации от соответствующих по сложности организмов биосферы.

Итак, представление об автономной самоорганизации живых объектов как первоосновы их развития необходимо пересмотреть и истоки усложнения в процессе развития искать в сложно организованной внешней среде - биосфере.

Рассматривая клетку или организм,как основные единицы живого, мы отвлекаемся от иерархической организации живой природы, в которой "..находим промежуточные структуры на последовательности уровней в восходящем потоке сложности, каждая из которых имеет два лица, смотрящих в противоположных направлениях: обращенное к нижнему уровню выглядит как нечто автономное, обращенное вверх - как зависимая часть."/I6/.

Когда мы говорим, что клетка, орган, организм - это авторегулирующиеся системы, то не должны забывать, что такое поведение этих систем в конечном счете обусловлено их взаимодействием с той организацией, элементами которой они являются. И то же можно сказать об организмах в популяции, о популяциях в биоценозе, о биоценозах в биосфере.

Итак, необходимо пересмотреть представление об организме как основной единице живого, как объекте для изучения биологической организации и обратиться ко всей иерархии живого, к планетной организации жизни, то есть к учению Вернадского о биосфере.

Биосфера и ее космическое окружение

В 1922-1926 гг. на основе глубокого анализа данных об истории Земли, накопленных астрономией, геологией, биологией, физикой и химией, В.И.Вернадский разработал учение о биосфере и ее космическом окружении. Суть этого учения сводится к следующим положениям /17,18/.

1. "Живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, ее определяющей". Биосфера - планетная организованная система, в которой непрерывно поддерживается устойчивое динамическое равновесие между взаимодействующей друг с другом живой и неживой природой. Общая масса живого вещества в биосфере, связанная с ним энергия и средний химический состав его сохраняются неизменными с археозоя.

2. В неразрывной связи живого и неживого в биосфере "Все учитывается и приспособляется... с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил.. На каждом шагу мы наблюдаем соотношения, которые приводят нас к необходимости аналогии с организованностью, а не со слепым столкновением случайностей". Складывается представление ".. о числовой и симметрической согласованности частей целого, о порядке природы,.. о живых организмах, как частях организованности земной коры".

3. "Говоря о появлении на нашей планете жизни, мы в действительности говорим только об образовании на ней биосферы.. появление жизни при создании биосферы должно было произойти не в виде появления одного какого-нибудь вида организма, а в виде их совокупности, отвечающей геохимическим функциям жизни". Образование биосферы связано с биогенной миграцией химических элементов - их вовлечением в живое вещество, и количественный максимум этой миграции был достигнут еще в догеологические, космические периоды формирования Земли.

4. "Твари Земли являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма, в котором, как мы знаем, нет случайности... Космические излучения, идущие от всех небесных тел, охватывают всю биосферу, проникают всю ее и все в ней. Мы улавливаем и сознаем только ничтожную часть этих излучений.. В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание. Она выявляется как планетное явление космического характера".

Эти выводы, долгое время казавшиеся парадоксальными, в последние годы находят все более широкое признание ряда ученых /I4, I9-24/. И если обобщить эти современные высказывания по поводу идей Вернадского, то вырисовывается уже общее представление о планетно-космических основах организации жизни, которое можно было бы сформулировать так: иерархия живой природы возникла, эволюционировала и ныне функционирует как закономерная часть планетной кибернетической системы - биосферы, которая, в свою очередь, образовалась и развивалась как закономерная часть организованности Вселенной. И как мы покажем далее, имеются основания к тому, чтобы развить это общее представление до более определенных заключений.

Широко распространен вещественно-энергетический подход к изучению организованности биосферы и ее связей с космическим окружением. В этом свете накоплены уже обширные знания о круговороте веществ и энергии в биосфере /I0, 25-27/ и о влиянии космических факторов на биосферу /28-32/. Но, как верно отмечают, "Ни вещества, ни энергии, не связанных

с информационными процессами, не существует.. не энергия, а информация выйдет, наверное, в XX веке на первое место в мире научных и практически действенных понятий" /33/. Однако, как раз, такая информационная сторона организованности биосферы остается пока только предметом общих обсуждений. Весьма неопределенны и противоречивы представления о природе информационных взаимосвязей между клетками в организме, между организмами в популяции, а тем более между уровнями иерархии надорганизменных систем, между биосферой и ее космическим окружением. Столь же неопределенны и противоречивы представления о принципах структурно-функциональной организации на разных уровнях иерархии живой природы и биосферы в целом.

А нет ли универсального носителя информации в биосфере и ее космическом окружении? Не по единым ли принципам организованы все уровни иерархии биосферы? Как мы покажем, имеются уже достаточные основания утвердительно ответить на оба эти вопроса.

Принципы организации биосферы и ее космические связи

Почти все известные взаимодействия в неживой и живой природе - электромагнитные: "Трудно, почти невозможно указать явление, которое не было бы связано с действием электромагнитных сил" /34/. И как мы показали ранее /35,36/, электромагнитные поля (ЭМП), простирающиеся в области спектра от сверхвысоких до инфранизких частот, являются универсальными носителями информации в живой природе - из внешней среды к организмам, внутри организмов и между ними. Такое заключение с достаточной убедительностью вытекает из анализа полученных за последние годы данных: о чрезвычайно высокой чувствительности живых систем к ЭМП, о влиянии ЭМП земного и космического происхождения на регуляцию процессов жизнедеятельности всех организмов и, наконец, о специфической зависимости биологических эффектов ЭМП от их параметров, свидетельствующей об информационном, а не энергетическом характере этих эффектов. На рис.I приведены некоторые примеры таких данных.

В свете данных современной астрономии возникает мысль о возможной информационной роли ЭМП в организованности Космоса: "Исключительное значение электромагнитных полей в жизни космоса теперь осознано всеми..." /37/. "Взаимное тяготение всех тел Вселенной - не единственная причина стройности космоса. Немалая роль принадлежит и другим силам - в первую очередь магнитным и электрическим". /38/. Если же космические ЭМП, действительно, являются носителями информации о космической организованности, то установленное уже влияние этих ЭМП на регуляцию жизнедеятельности организмов можно рассматривать как признак связи биологической организации с космической.

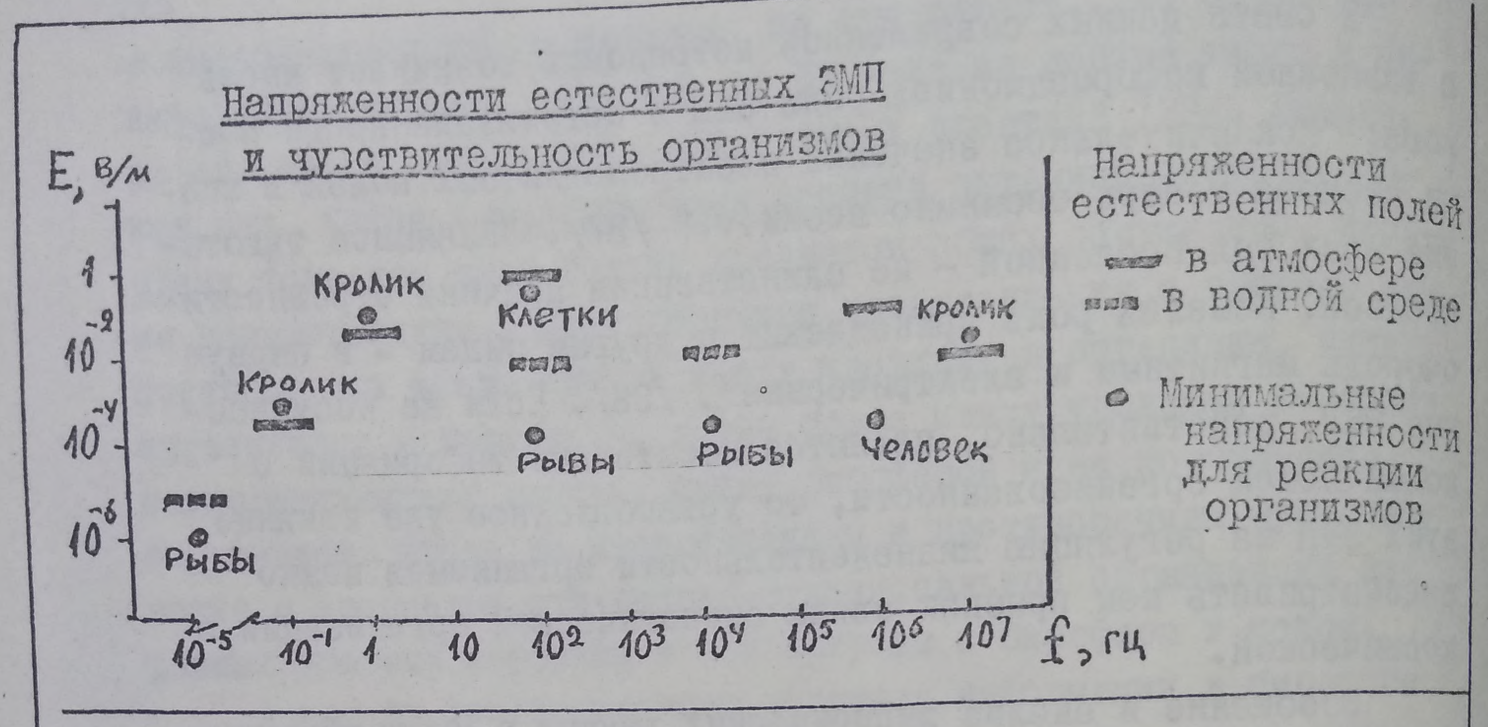
Обобщение и анализ эмпирических данных о многообразии форм и функций жизни приводят к заключению, что на всех уровнях иерархии живой природы действуют единые принципы структурно-функциональной организации - пространственной, временной, регуляторной. И имеются основания полагать, что принципы биологической организации являются отражением принципов космической организованности.

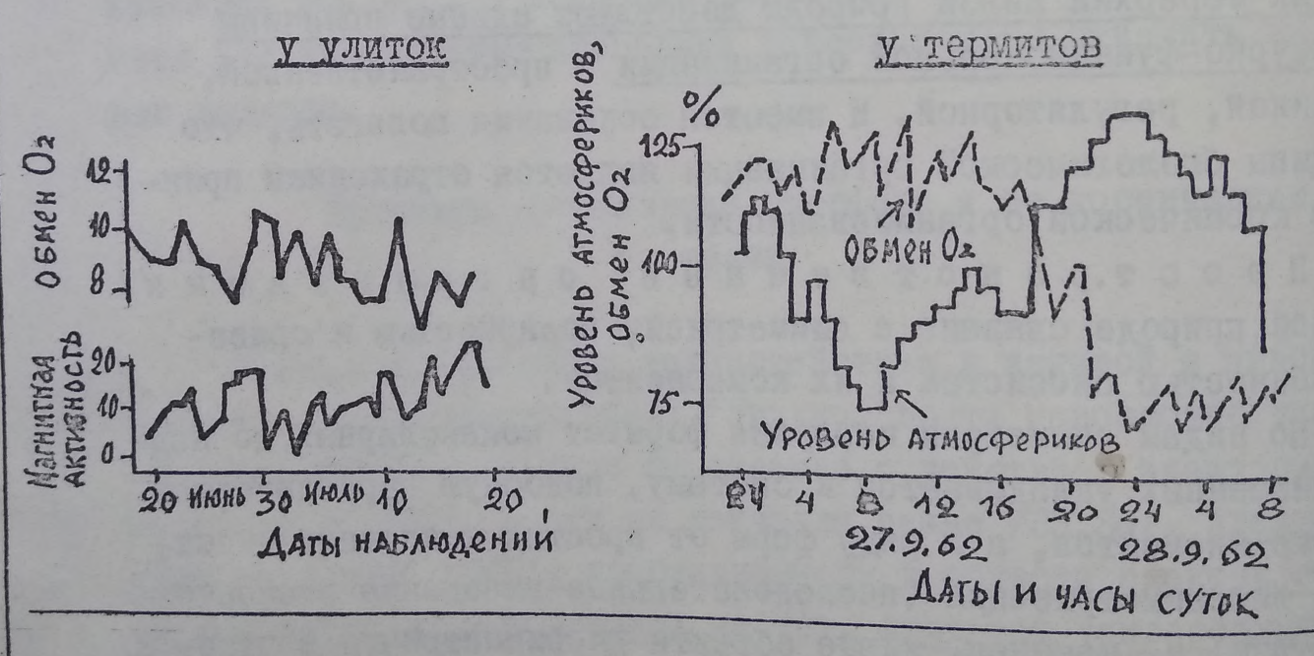
П р о с т р а н с т в е н н а я   о р г а н и з а ц и я в живой природе связана с симметрией, полярностью и ориентированностью биосистем и их компонентов.

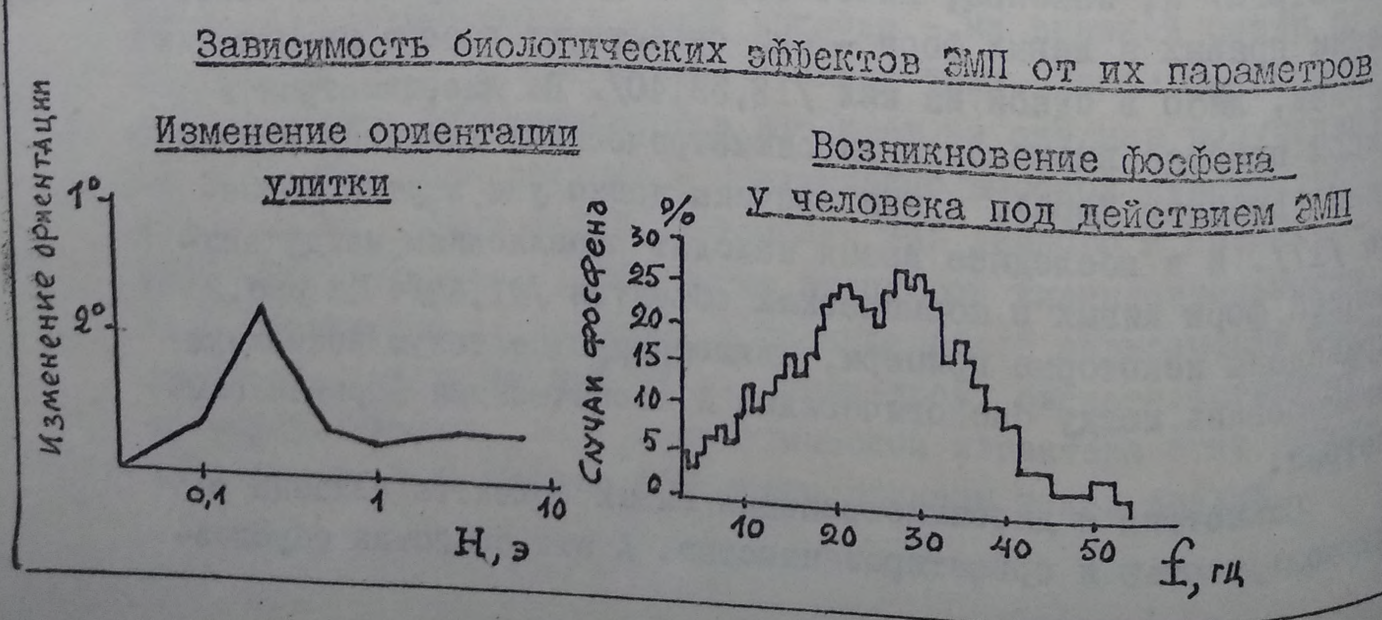
По видам симметрии иерархия форм от молекулярных до надорганизменных укладывается в систему, подобную периодической системе элементов, а в ряду форм от простых к сложным имеет место диссимметризация (последовательное выпадение элементов симметрии) и, наконец, живые объекты диссимметричны в отношении правых и левых форм - они существуют либо в двух таких формах, либо в одной из них /18,39,40/. Но диссимметрия в живой природе вызывается диссимметрическими внешними причинами (принцип Кюри), а эти причины давно уже ищут в космосе /17/. И в последнее время находят параллелизм между эволюцией форм живых и космических объектов /41,42/. На рис.2 приведены некоторые примеры, иллюстрирующие такую возможную взаимосвязь между биологическими и космическими формами симметрии.

Симметрия и диссимметризация живых объектов связаны с их полярностью и ориентированностью. А эти свойства обуслов-

Рис.I


Напряженности естественных ЭМП
и чувствительность организмов
E, в/м
1
10^{-2}
10^{-4}
10^{-6}
Кролик
Клетки
Кролик
Кролик
Рыбы
Рыбы
Рыбы
Человек
10^{-5}
10^{-1}
1
10
10^2
10^3
10^4
10^5
10^6
10^7
f, гц
Напряженности естественных полей
в атмосфере
в водной среде
Минимальные напряженности для реакции организмов


Влияние естественных ЭМП на интенсивность обмена:
У улиток
обмен O_2
12
10
8
Магнитная активность
20
10
0
20
Июнь
30
Июль
10
20
Даты наблюдений
У термитов
%
125
100
75
Уровень атмосфериков, обмен O_2
обмен O_2
Уровень атмосфериков
24
4
8
12
16
20
24
4
8
27.9.62
28.9.62
Даты и часы суток


Зависимость биологических эффектов ЭМП от их параметров
Изменение ориентации улитки
Изменение ориентации
1°
2°
0,1
1
10
H, э
Возникновение фосфена у человека под действием ЭМП
%
30
25
20
15
10
5
0
Случаи фосфена
10
20
30
40
50
f, гц

лены наличием у элементов и субсистем электрического дипольного момента и дипольными взаимодействиями (например, момент аминокислот порядка 10 дебай, белков - 10^2, вирусов - 10^4 и клеток - 10^6) /43/. Взаимоориентация возникает между постоянными диполями, индуцированными и флуктуационными. С этими электромагнитными процессами и связаны, по-видимому, обнаруженные в последнее время проявления ориентации организмов относительно магнитного и электрического полей Земли (тропизмы, таксисы, ориентация в перемещении) /35,36, 44,45/.

Рис. 2

Сравнение некоторых форм симметрии космических и земных объектов

Формы / Объекты	Симметрия шара	Симметрия круга	Правые-левые формы
Галактики			
Простейшие	Staphylococcus aur.	Corynobacterium dipht.	Treponema pallida
Колонии простейших	Volvox aur.	Eudorina eleg.	Bac. micoides
Беспозвоночные	Strongilocentrotus	Ascaris lumbr.	Fructicicola lantzi

Между тем, параметры этих земных полей варьируют под действием космических, а следовательно здесь мы сталкиваемся с опосредованным влиянием космических сил на живую природу.

Временная организация в живой природе связана с ритмическим (периодическим, циклическим) характером функционирования биосистем на всех уровнях их сложности.

Иерархия биоритмов простирается в широком диапазоне: периоды порядка $10^{-10} \div 10^{-4}$ сек на молекулярном уровне, $10^{-4} \div 10^{3}$ на клеточном, $10 \div 10^{3}$ на органном, $10^{5} \div 10^{7}$ на организменном и от 10^{7} и выше на надорганизменном. Биоритмы связаны с электромагнитными процессами: это колебания поверхностного заряда в макромолекулах и клетках, колебания электрического потенциала в органах и организме в целом, взаимосвязи посредством ЭМП в надорганизменных системах. Биоритмы синхронизуются: колебания молекул и клеток организуются в синхронно колеблющиеся ансамбли, ритмы физиологических процессов у позвоночных синхронизуются центральной нервной системой, в сообществах и популяциях синхронизуются ритмы физиологических процессов особей, в биоценозах - ритмы динамического равновесия. Ритмичность и синхронизация характерны и для процессов клеточного деления, размножения и развития организмов /35,36, 46,47/.

Иерархия короткопериодных ритмов физиологических процессов у всех организмов подчинена (модулирована) обычным геофизическим ритмам - суточному и сезонному в соответствии с широтой обитания организмов. Широко уже изучены и биоритмы глобального характера в живой природе (синхронные и синфазные по всей планете), обусловленные цикличностью солнечной активности. Эти гелиобиологические ритмы хорошо коррелируют с геофизическими и геологическими ритмами, которые предполагаются связанными не только с цикличностью активности Солнца, но и с ритмическими импульсами, идущими из глубин Космоса /48,49/. Наконец, биологические, геофизические и геологические ритмы коррелируют с ЭМП земного и космического происхождения (Табл.I).

Напрашивается вывод, что все эти природные ритмы обусловлены, в конечном итоге, космическими влияниями в форме космических ЭМП.

Таблица I

Согласованность ритмов биологических, геофизических процессов и периодических, циклических изменений естественных ЭМП /50-54/

Периоды ритмов	Биологические процессы	Геологические-геофизические процессы	ЭМП земные и космические
Суточные: I,6-7,9, I3 и 27	Обмен, активность, поведение, размножение и развитие организмов; развитие болезней.	Атмосферные циркуляции, давление и температура; приливные и вулканические явления.	Вариации магнитного, электрического полей и уровня атмосфериков; повторяемость магнитных возмущений и бурь
Годовые: 0,5;I,5; 2,3,6-7	Те же процессы и эпидемии, урожайность с/х культур	Те же процессы и температура воды, приливные и вулканические явления.	Вариации магнитной активности, электрического поля, уровня атмосфериков и радиоизлучений.
Десятилетия: II, 22-24, 20-50,80, I00-II0	Те же процессы и численность популяций, прирост деревьев.	Те же процессы и другие атмосферные, геологические и гидрологические	То же
Тысячи лет:I850, I200-I500, 2000, 40700	Изменение качественного и количественного состава флоры и фауны.	Оледенение, горообразование, уровень океана и др.	Изменения напряженности и инверсии магнитного поля(палеомагнетизм).
Миллионы лет:в интервале I0-200млн	То же	Строение геологических разрезов	То же

Регуляторная организация в живой природе связана с двумя типами механизмов, регулирующих вещественно-энергетический и информационный обмен в биосистемах /35,36, 55-57/.

Центральный - "инструктивный" механизм содержит "набор инструкций" регулирования вещественно-энергетическими процессами в системе, воспринимает и накапливает поступающую извне информацию, согласуя функции биосистемы с ее окружением. Этот механизм не реагирует на случайные воздействия извне, а при систематических - соответственно перестраивает регуляцию вещественно-энергетических процессов в биосистеме (приспособление, адаптация).

Периферический - "посреднический" механизм является посредником в информационном обмене биосистемы с ее окружением, ретранслируя сигналы от центрального механизма наружу, а сигналы извне - к нему. Этот механизм отвечает на любые случайные воздействия извне, обеспечивая быструю реакцию биосистемы (ориентировочную, шоковую).

В клетке и одноклеточном организме центральная система связана с ядром и цитоплазменными структурами, а периферическая - с оболочкой клетки; в органах позвоночных - это соответственно ганглии и интерорецепторы, а в организме в целом - центральный и периферический отделы нервной системы. В поведении групп и сообществ животных, рассматриваемых ныне как единые "организмы", также можно обнаружить признаки действия таких регуляторных механизмов - это соответственно навигационная система в стае птиц и механизм маневров поворота стаи, это "общественная нервная система" в сообществе насекомых и быстрая их реакция на угрожающие воздействия, это "эффекты группы" в популяциях животных и т.д. /35,36, 44,58/. В информационном взаимодействии описанных регуляторных механизмов существенную роль играет электромагнитная сигнализация /35,36/. На рис.3 приведена возможная схема регуляторных механизмов в оплодотворенной яйцеклетке /15/.

Если рассмотреть с функциональной точки зрения биотический круговорот в биосфере и общие черты ее взаимодействия с космической средой, то складывается впечатление, что регуляция в этой планетной системе осуществляется живой природой по типу описанных механизмов.

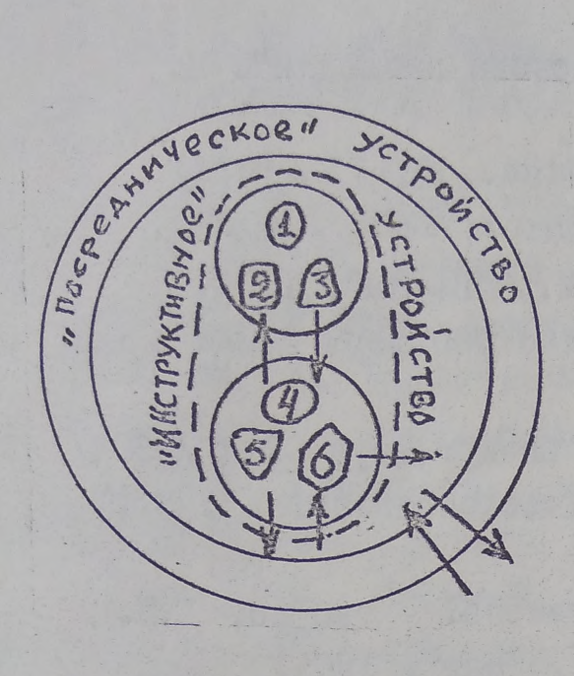


Рис.3

I – инструкция о виде организма,
2 – регуляция синтеза белков,
3 – регуляция дифференциации клеток,
4 – регуляция клеточного деления,
5 – ретрансляция сигналов от генов наружу клетки и сигналов извне к генам,
6 – биологические часы

Инструктивное устройство

Литература

I. Блюменфельд Л.А. В сб. "Критерий живого". М., Изд. МГУ, 1971, 57.
2. Бернштейн Н.А. Предисловие к кн. К.С.Тринчера "Биология и информация". М., "Наука", 1964, 9.
3. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. М. "Наука", 1968, 220.
4. Джерард Р. В кн. "Концепция информации и биологические системы" М., "Мир", 1966, 329.
5. Колмогоров А.Н. В сб. "О сущности жизни". М., "Наука", 1964, 48.
6. Ляпунов А.А. Об управляющих системах живой природы. – там же, 66.
7. Bertalanffy L. Problems of Life. Lond., 1952.
8. Bertalanffy L. General system Theory. N.Y. 1968.
9. Нейман Дж. Общая и логическая теория автоматов. М., "Физматгиз", 1960.
I0. Камшилов М.М. Биотический круговорот. М., "Наука", 1970.
II. Коммонер Б. В сб. "Горизонты биохимии". М. "Мир", 1964, 244.
I2. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М., "Мир", 1967.
I3. Ферстер Г. В кн. "Самоорганизующиеся системы". М.,"Мир", 1964, II3.

14. Камшилов М.М. Сб. "Философские основы эволюции". М., "Наука", 1971, ч.I, 30.
15. Presman A.S. Ideen des exakten Wiss., 10, 673 (1972).
16. Koestler A. The Ghost in the Machine, Lond., 1967.
17. Вернадский В.И. Избр. соч. т.У, М., "Наука", 1960.
18. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., "Наука", 1965.
19. Беклемишев В.Н. Бюлл. МОИП, отд. биолог.наук, 69, 2 /1964/
20. Патти Г. В сб. "На пути к теоретической биологии". М., "Мир", 1970, 178.
21. Том Р. Динамическая модель морфогенеза. - там же, 153.
22. Овенден М. Жизнь во Вселенной. М., "Мир", 1965.
23. Гробстайн К. Стратегия жизни. М., "Мир", 1968.
24. Пиккарди Дж. Химические основы медицинской климатологии. Л., Гидрометеоиздат, 1964.
25. Дювиньe П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. М., "Прогресс", 1968.
26. Биосфера. М., "Мир", 1972.
27. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. М., Гидрометеоиздат, 1966.
28. Солнечная активность и жизнь. Рига, "Зинатне", 1967.
29. Чижевский А.Л., Шишина Ю.Г. В ритме солнца. М., "Наука", 1969.
30. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., "Наука", 1971.
31. Солнце, электричество и жизнь. М., Изд. МГУ, 1972.
32. Населенный космос. М., "Наука", 1972.
33. Берг А.И., Бирюков Б.В. В сб. "Будущее науки", вып.3.М., "Знание", 1970.
34. Григорьев В.И., Мякищев Г.Я. Силы в природе. М., "Наука", 1966.
35. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М., "Наука", 1968.
36. Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. М., "Знание", 1971.
37. Зигель Ф. Невидимый космос. Изд. детск. лит., М., 1970.
38. Зигель Ф. Виновато Солнце. М., Изд.детск.лит., 1972.
39. Урманцев Ю.А. Вопросы философии, №6, 1968.

40. Мейен С. Знание - сила, 8, 20 /1972/.
41. Шафрановский И.И. В сб. "Симметрия в природе". М., 1971, 7.
42. Васильев В.И. В сб. "Симметрия в природе". М., 1971, 77.
43. Спартаков А.А. Жесткий электрический дипольный момент коллоидных частиц. Автореф. канд. дисс. Л., ЛГУ, 1967.
44. Presman A.S. Bild der Wiss., 3, 234 /1969/.
45. Протасов В.Р. Биоэлектрические поля в жизни рыб. М., ЦНИИ инф. и технико-экон. иссл.рыбного хоз., 1972.
46. Колебательные процессы в биологических и химических системах, I. М., "Наука", 1967.
47. Колебательные процессы в биологических и химических системах, II, Пущино на Оке, АН СССР, 1971.
48. Максимов И.В. и др. Океан и Космос. Л., Гидрометеоиздат, 1970.
49. Максимов Е.В. В сб. "Ритмичность природных явлений". Л., Гидрометеоиздат, 1971, 18.
50. Вительс Л.А., Рывкин Б.А. Тр. Главн.геофиз.обсерватории, вып. 258, Л., 1970, 142.
51. Гангнус А. Ритмы нашего мира. М., "Мысль", 1971.
52. Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ. М., "Наука", 1973.
53. Чтения памяти Л.С.Берга, ХУ-XIX. М., "Наука", 1973.
54. Сюняев Р.А. Природа, 4, 69 /1972/.
55. Аладжалова Н.А. Медленные электрические процессы в головном мозге. М., Изд. АН СССР, 1962.
56. Presman A. Ideen des exakten Wiss., 9, 551 /1970/.
57. Presman A. Moderne Med., 2, 224 /1972/.
58. Шовен Р. Поведение животных., М., "Мир", 1972.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

А.К.ЛАВРУХИНА
Институт геохимии и аналитической
химии АН СССР

ВАРИАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ОКРЕСТНОСТИ ЗЕМЛИ ЗА ПОСЛЕДНИЙ МИЛЛИАРД ЛЕТ

Введение

Межзвездное вещество нашей Галактики и, очевидно, всей Метагалактики пронизано быстрыми и сверхбыстрыми частицами космических лучей. Их образование происходит на всех стадиях эволюции звезд, начиная с первых этапов существования "молодых" звезд, для которых характерны бурные процессы турбулентного перемешивания плазменного вещества и магнитных полей в сжимающихся атмосферах, до самого последнего этапа, который заканчивается гигантской вспышкой Сверхновой, сопровождающейся выбросом значительной доли вещества звезды в межзвездное пространство. Взрывы квазаров - галактических объектов грандиозных размеров - также являются одним из мощных источников космических лучей.

Вещество Солнечной системы в виде планет, их спутников, астероидов, метеоритов и космической пыли постоянно облучается космическими лучами солнечного и галактического происхождения, вызывающими разнообразные превращения атомов этого вещества. За время существования Солнечной системы (около 4,6 млрд.лет) эффекты, вызванные ядерными превращениями, достаточно заметны. В малых телах, например, в метеоритах, и в поверхностных слоях больших тел - Луны, Марса, лишенных атмосферы, наблюдаются аномалии в изотоп-

ном составе многих элементов, а также последствия радиационных нарушений структуры минералов, являющиеся следствием воздействия высокоэнергетичных частиц космических лучей /I/. В последнее десятилетие стала очевидной их огромная роль в истории этого вещества. Такие природные явления, как образование тел Солнечной системы, изменение их изотопного и химического состава, происхождение жизни на Земле и высокомолекулярных органических соединений в метеоритах и многие другие, в той или иной степени обусловлены воздействием космических лучей. Солнце с самого начала своего существования, как и звезды, является источником мощного потока солнечного ветра и космических лучей, интенсивность которых периодически меняется. С другой стороны, в Солнечную систему постоянно проникают сверхбыстрые частицы галактических космических частиц,рождаемые в других звездных системах. Потоки плазмы, солнечных и галактических космических лучей и "вмороженные" в них магнитные поля, двигаясь навстречу друг другу, в какой-то области Солнечной системы встречаются и образуют буферный малоподвижный слой с нерегулярными турбулентными магнитными полями (рис. I). Этот слой определяет основные глобальные структурные особенности межпланетного магнитного поля и пространственное распределение космических лучей в Солнечной системе. Поэтому степень воздействия космических лучей как солнечного, так и галактического происхождения на вещество конкретных тел солнечной системы, например Земли, зависит от положения буферного слоя по отношению к Солнцу.

Космические лучи являются своеобразными зондами, позволяющими получать новые сведения о строении и свойствах нашей Галактики и Солнечной системы в настоящем и прошлом. Первостепенное значение в этом аспекте приобретают знания временных вариаций интенсивности космических лучей за различные промежутки времени. Временные вариации космических лучей в Солнечной системе могут быть обусловлены рядом причин. Из них главными являются следующие:

I) вариации в источниках космических лучей;

2) вариации общего магнитного поля в тех областях

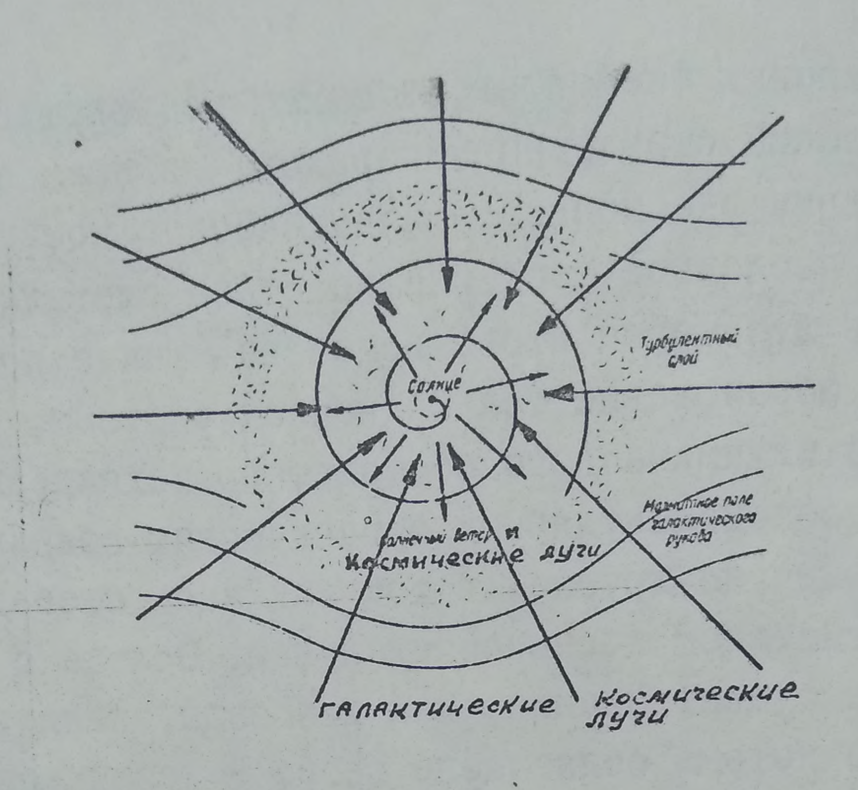


Рис. I. Схематическое изображение распределения потоков солнечного ветра, солнечных космических лучей и галактических космических лучей в Солнечной системе.

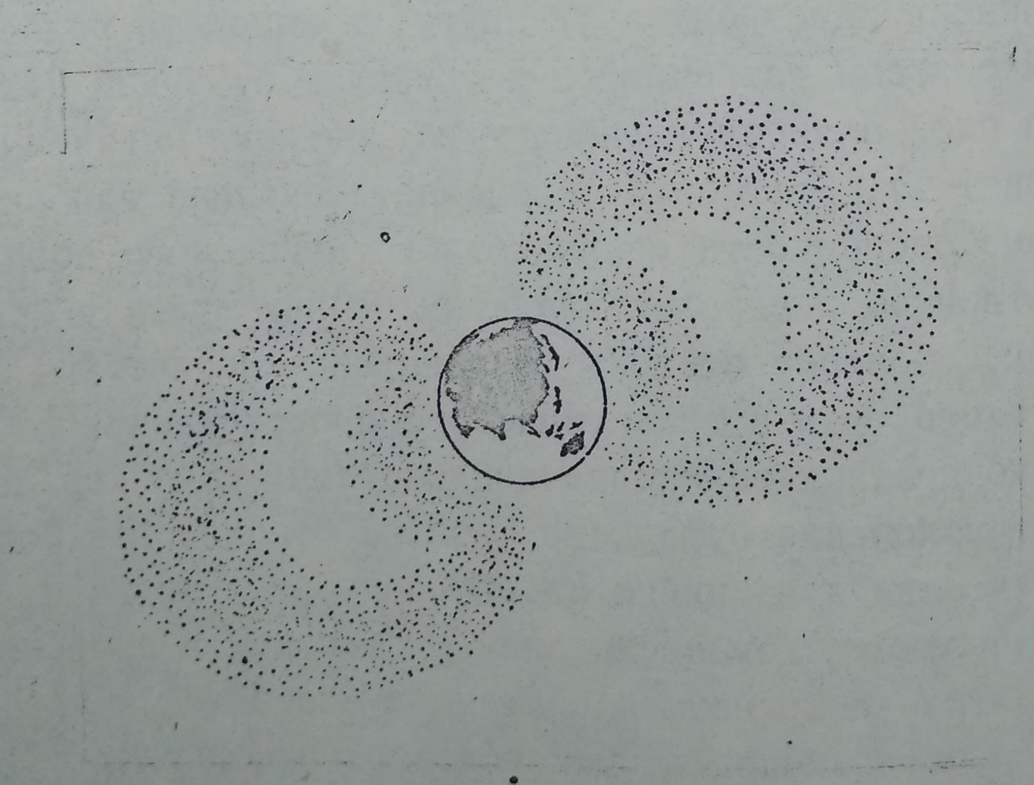


Рис. 2. Расположение радиационных поясов Земли

Галактики, через которые проходило Солнце (так как со временем могло изменяться расстояние от Солнца до центра Галактики, кроме того, Солнце могло входить или выходить из спиральных рукавов);

3) эффекты вспышек Новых и Сверхновых звезд в нашей Галактике или в соседних галактиках;

4) эффекты вспышек на Солнце, в результате которых изменяется магнитное поле в Солнечной системе и появляется добавочный, хотя и кратковременный, поток сравнительно низкоэнергетичных частиц;

5) эффекты мощных вспышек в ядрах галактик.

Таким образом, исследования в области "космической археологии" помогут, очевидно, решить два важнейших космогонических вопроса /2/. Во-первых, происходили ли в истории нашей Солнечной системы резкие возрастания уровня радиации, связанные со вспышками Сверхновых звезд в ближайших "окрестностях" Солнца - на расстояниях порядка десятков или сотен световых лет. Во-вторых, не замечается ли постепенного изменения интенсивности радиации за время, заметно превышающее возраст космических лучей и связанные уже не с местными их источниками, а с эволюцией Галактики в целом. Это очень важно для космогонии, поскольку энергетический баланс Галактики, как выяснилось сравнительно недавно, включает и энергии, связанные с процессами ускорения и превращения быстрых элементарных частиц.

Не маловажную роль играет изучение временных вариаций космических лучей и для решения многих проблем, связанных с эволюцией Земли. Прежде всего к ним относится проблема происхождения жизни. Детальное изучение органических соединений, найденных в углистых метеоритах, показало, что они могли образоваться в результате облучения ультрафиолетовыми лучами, электронами и космическими лучами солнечного и галактического происхождения смеси воды с различными газами: CO_2, CO, CH_4, SO_2, HCl и др. Предполагается, что они были выброшены на поверхность первичных тел Солнечной системы в результате вулканической деятельности (во всяком случае, так они впервые появились на поверхности Земли). Академик

А.П.Виноградов впервые высказал идею о том, что в далеком прошлом, 3-4 млрд.лет назад, поверхность Земли облучалась космическими лучами благодаря тому, что она имела менее плотную атмосферу, чем сейчас. На ней протекали интенсивные ядерные и радиационно-химические процессы, в результате которых могло появиться множество разнообразных сложных органических соединений, подобных тем, которые обнаружены в углистых метеоритах. Это был субстрат, в котором позже возникла жизнь. Созданная ею мощная газовая оболочка прекратила радиогенный синтез на поверхности Земли.

Существенную роль в эволюции Земли могла сыграть вспышка какой-либо Сверхновой звезды сравнительно близко от нашего Солнца: на расстоянии в несколько десятков световых лет. Была высказана даже очень интересная, хотя и трудно проверяемая гипотеза о том, что при одной из таких вспышек уровень ионизующей радиации на Земле возрос столь сильно, что привел к быстрому вымиранию наиболее крупных животных того времени - динозавров.

В результате полетов первых искусственных спутников Земли были открыты радиационные пояса или "корона" Земли (рис. 2). Появление радиационного ореола Земли обязано вторжению в область ее магнитного поля мощных потоков солнечных космических лучей и солнечной плазмы. Наличие радиационных поясов, несомненно, оказывает определенное влияние на процессы, происходящие на Земле. Хотя этот вопрос изучен в настоящее время еще совершенно недостаточно, однако уже установлена связь между полярными сияниями и радиационными поясами /3/. Она видна хотя бы из того факта, что зона наибольшей распространенности полярных сияний, представляющая собой кольцо вокруг магнитного полюса, расположена на широте примерно 70°, что как раз соответствует той области, где внешний радиационный пояс ближе всего подходит к верхним слоям атмосферы. По-видимому, имеется определенный сток заряженных частиц из внешнего радиационного пояса в атмосферу, играющий большую роль в образовании полярных сияний.

Высказывались также определенные гипотезы о связи колебаний напряженности магнитного поля Земли (магнитных бурь, как их принято называть) с процессами, происходящими в радиационных поясах.

Возможно, что будет установлено влияние радиационных поясов и колебаний их интенсивности и положения ("дыхания" поясов) на биологические процессы, происходящие на Земле. Во всяком случае такие предположения высказываются в литературе.

Детекторы вариаций космических лучей

В настоящее время исследования вариаций космических лучей проводятся с привлечением широкой сети специально оборудованных и постоянно действующих наземных станций с помощью приборов, установленных на воздушных шарах, самолетах, ракетах, искусственных спутниках Земли и межпланетных кораблях. Таким способом удалось получить очень ценную и систематическую информацию о вариациях космических лучей у границ атмосферы Земли за последние 20 лет, а также за короткие промежутки времени за пределами орбиты Земли (определяемые продолжительностью сеансов связи с искусственными спутниками и космическими кораблями и датой их полетов) /4,5/. Однако, в этих исследованиях, естественно, нельзя получить сведения о временны́х вариациях космических лучей в прошлом.

Самыми надежными "летописцами" истории космических лучей оказались представители неорганического мира - изотопы различных химических элементов. В течение некоторого времени они участвуют в ядерных реакциях в верхних слоях земной атмосферы, а затем оседают на глубинах полярных ледников или океанского дна. Поэтому изотопный анализ проб глубинного льда или грунта дает некоторые сведения о степени постоянства космического облучения Земли за длительное время.

Наиболее перспективным направлением оказался, однако, контроль за возможным изменением уровня космической радиации путем систематического анализа изотопного состава раз-

личных метеоритов. Ведь эти представители неорганического мира блуждают в открытом космическом пространстве столь долгий срок, что в них могут накапливаться в заметном количестве продукты известных нам ядерных реакций под действием почти ничем не ослабленной космической радиации. В некоторых лабораториях Советского Союза, Индии, Швейцарии и США тщательные исследования изотопного состава различных компонент метеоритного вещества ведутся уже несколько лет.

Идея о использовании метеоритов, тел сравнительно небольших размеров (несколько метров в поперечнике), в качестве интегрирующих счетчиков космических лучей была высказана впервые Зингером еще в 1949 году /6/.

При исследовании временных вариаций интенсивности космических лучей изучают содержание в метеоритах радиоактивных продуктов ядерных реакций (см. табл.I). Каждый из исследуемых изотопов может дать сведения об интегральной интенсивности космических лучей за интервал времени, соответствующий примерно полутора периодам полураспада. Долгоживущие изотопы, такие как Be^{10}, Al^{26}, Mn^{53}, Cl^{36} дают информацию за последние несколько миллионов лет, K^{40} – за последние I–2 миллиарда лет, а более короткоживущие изотопы – соответственно за более короткий интервал времени.

Сущность метода определения интегральной интенсивности космических лучей по активности радиоизотопов в метеоритах заключается в том, что скорость распада (A_i) радиоактивного изотопа, измеренная в образце метеорита, равная в случае радиоактивного равновесия при $T_{I/2} \ll T_0$ (T_0 – космический возраст метеорита) скорости его образования, составляет

$$A\lambda_i = \int_0^\infty \lambda_i I_0(t) H_i e^{-\lambda_i t} dt, \qquad \ldots (I)$$

где λ_i – соответствующая каждому радиоизотопу постоянная распада,

$I_0(t)$ – поток космических лучей как функция времени t,

H_i – скорость образования этого изотопа на единицу потока космических лучей.

Для всех указанных изотопов, кроме K^{40}, при условии постоянства интенсивности космических лучей должно наблю-

Таблица I

Радиоактивные изотопы, образованные космическими лучами (помещены в порядке возрастания периода полураспада $T_{I/2}$)

Радиоизотоп	$T_{I/2}$	Объекты обнаружения
Mn^{52}	5,6 дня	
P^{32}	I4,3 дня	метеориты, лунные образцы, дождевая вода, снег
P^{33}	24,4 дня	дождевая вода, снег
Cr^{51}	27,5 дня	метеориты, лунные образцы
Ar^{37}	35,I дня	метеориты, лунные образцы
Be^{7}	53,6 дня	дождевая вода
Co^{56+58}	75 дней	метеориты
Sc^{46}	84 дня	метеориты, лунные образцы
S^{35}	87,9 дня	дождевая вода
Ca^{45}	I65 дней	метеориты
Co^{57}	267 дней	метеориты
Mn^{54}	300 дней	метеориты, лунные образцы
V^{49}	330 дней	метеориты, лунные образцы
Fe^{55}	2,6 года	метеориты
Na^{22}	2,62года	метеориты,лунные образцы,дождевая вода
Co^{60}	5,26года	метеориты
H^{3}	I2,6 года	метеориты,лунные образцы,дождевая вода, слои льда
Ti^{44}	46 лет	метеориты
Ar^{39}	269 лет	метеориты, лунные образцы, атмосфера
Si^{32}	650 лет	метеориты, гидросфера
C^{I4}	5730 лет	метеориты, лунные образцы, органическое вещество биосферы
Ni^{59}	$I \cdot I0^{5}$ лет	метеориты, лунные образцы
CI^{36}	$2,6 \cdot I0^{5}$лет	метеориты, лунные образцы, гидросфера
Fe^{60}	$3 \cdot I0^{5}$ лет	метеориты
AI^{26}	$7,4 \cdot I0^{5}$лет	метеориты, лунные образцы, океанические осадки
Be^{I0}	$2,9 \cdot I0^{6}$лет	метеориты, лунные образцы, океанические осадки
Mn^{53}	$3,7 \cdot I0^{6}$лет	метеориты, лунные образцы
K^{40}	$I,48 \cdot I0^{9}$лет	железные метеориты

даться условие:

$$A\lambda_i / H_i \approx I \qquad (2)$$

$A\lambda_i$ – активность изотопа в метеорите,

H_i – теоретическое значение скорости его образования.

Таким образом, величина отношения $A\lambda_i / H_i$ для изотопов с разными периодами полураспада является чувствительным индикатором к временным вариациям космических лучей. Метеориты, благодаря большой протяженности их орбит (см. рис. 3), позволяют также исследовать и пространственные вариации галактических космических лучей в настоящее время и в прошлом. Таким образом, они являются самыми универсальными зондами космических лучей /7,8/. Для изучения вариаций интенсивности космических лучей вблизи орбиты Земли большой интерес представляют образцы лунной поверхности /9/.

Кратковременные вариации космических лучей.

В настоящее время детально и систематически исследуются суточные вариации интенсивности космических лучей, обусловленные вращением Земли, 27-дневные вариации, обусловленные вращением Солнца, и II-летние вариации, обусловленные солнечной активностью. Наиболее существенны по своей амплитуде последние вариации (см. рис.4). Современная модель межпланетной среды предполагает динамически меняющуюся в пространстве и времени картину движения неоднородностей магнитного поля – "магнитных облаков" от Солнца (см. рис.П). Изучение за время I9-го солнечного цикла (I954-I965 гг.) интенсивности и энергетического спектра галактических и солнечных космических лучей у границ атмосферы Земли и в области между орбитами Венеры и Марса позволило выявить чрезвычайно интересные особенности их временных вариаций. Оказалось, что в данной области Солнечной системы происходит существенное изменение интенсивности галактических космических лучей, находящееся в обратной зависимости от числа вспышек на Солнце. Наиболее значитель-

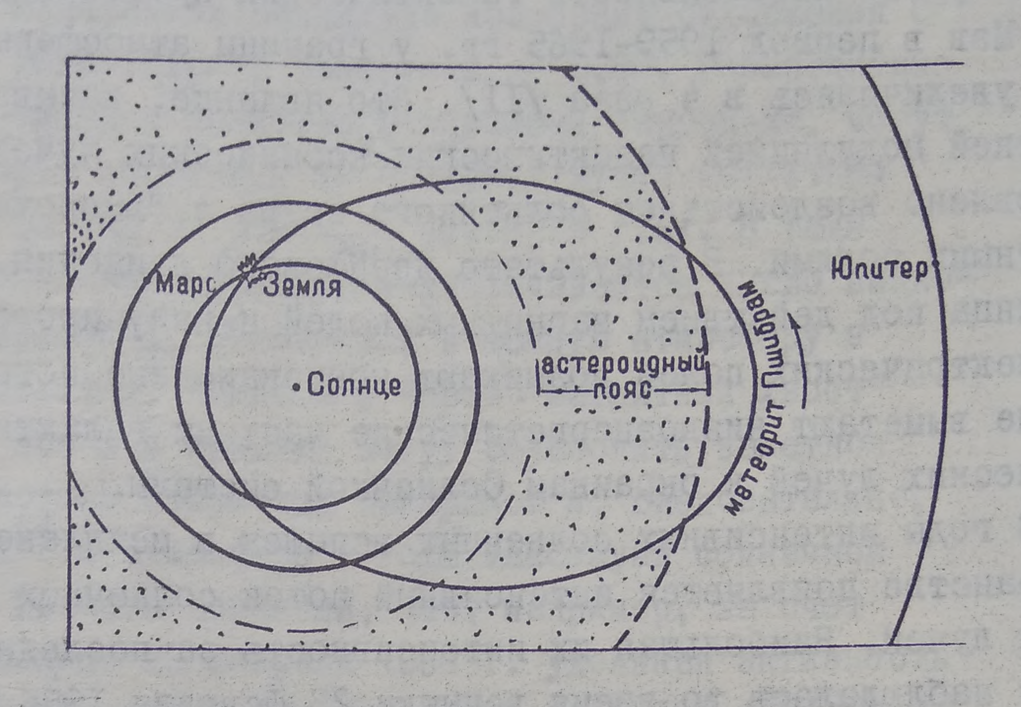


Рис. 3. Орбита хондрита Пшибрам (падение 7.IУ.1959г.)

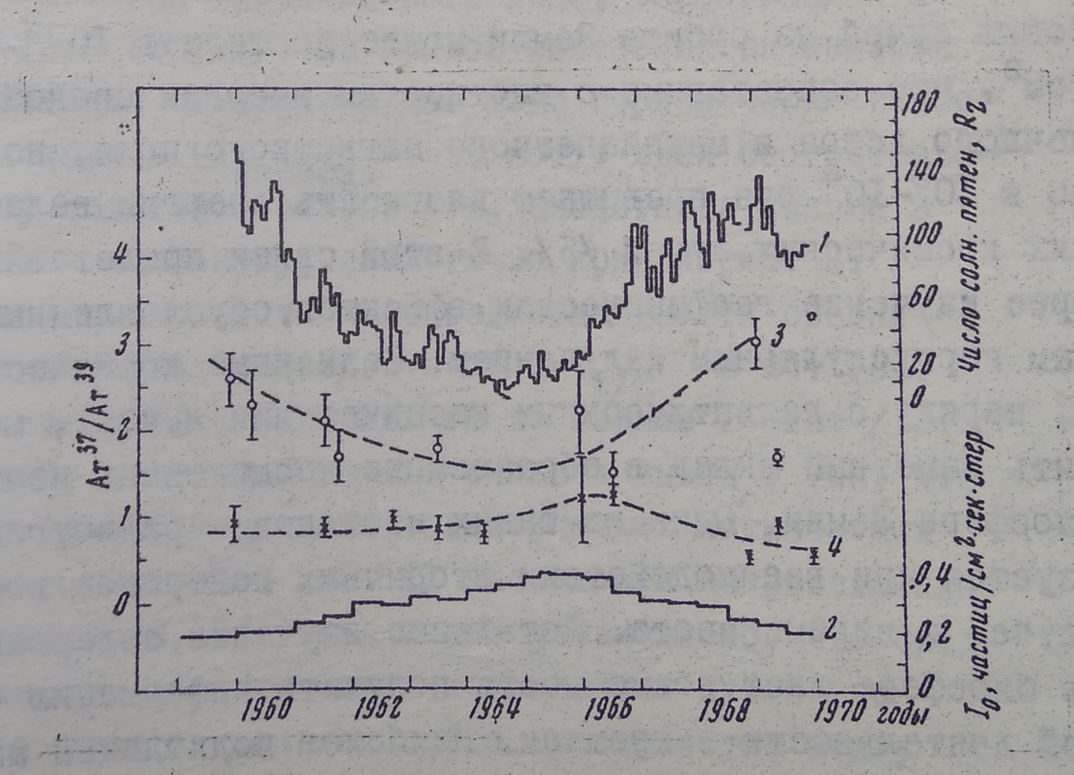


Рис. 4. Кривые изменения в период солнечного цикла /IO/. I - числа солнечных пятен; 2 - интенсивности галактических космических лучей; 3 - величины отношения Ar^{37}/Ar^{39} в хондритах; 4 - то же для железных фаз хондритов и железных метеоритов.

ным вариациям подвержены протоны с $E < 1$ Гэв. Например, показано, что интенсивности галактических протонов с $E > 84$ Мэв в период 1959-1965 гг. у границы атмосферы Земли увеличились в 4 раза /II/. Это явление, называемое II-летней модуляцией галактических космических лучей, обусловлено воздействием солнечного ветра с "вмороженными" магнитными полями. В результате дрейфового движения частиц от Солнца под действием магнитных полей и индуцированных ими электрических полей возникают конвекционные потоки, которые выметают низкоэнергетические частицы галактических космических лучей к окраинам Солнечной системы.

В годы интенсивных солнечных вспышек в межпланетном пространстве появляется интенсивный поток солнечных космических лучей. Наибольшая их интенсивность за последние 30 лет наблюдалась во время вспышки 23 февраля 1956 г. /5/, когда поток частиц с малой энергией у границы земной атмосферы возрос в тысячи раз. Плотность энергии солнечных космических лучей на орбите Земли может достигать $10^{-9} - 10^{-8}$ эрг/см^3, что сопоставимо с плотностью энергии спокойного солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, но примерно в 10^3-10^4 раз превышает плотность энергии галактических космических лучей /5/. В этой связи представляет интерес изучение геофизических эффектов, обусловленных солнечным корпускулярным излучением. Солнечные космические лучи, наряду с галактическими космическими лучами, могут вносить заметный вклад в образование космогенных изотопов в атмосфере Земли. Один из таких изотопов - радиоуглерод - образуется при взаимодействии вторичных нейтронов космических лучей с ядрами азота. Детальное изучение содержания C^{14} в биосфере дает возможность получить информацию о солнечной деятельности в прошлом. Наиболее подходящий материал для таких исследований - это годичные кольца долгоживущих деревьев (таких как секвойя, сосна, кедр и др.). В наших работах /I2-I4/ была впервые показана положительная корреляция между изменениями числа солнечных пятен в II-летнем цикле и вариациями содержания C^{14} в годичных кольцах секвойи, срубленной в Никитском ботаническом саду (Крым) (см. рис.5).

В наших измерениях амплитуда колебаний содержания C^{14} в интервале 1890-1910 гг составила ~ 0,6%. Геомагнитные бури, обусловленные большими солнечными вспышками, могут уменьшить порог обрезания космических лучей магнитным полем Земли до 20% от обычного значения /15/. В годы максимума солнечной активности увеличивается число низкоэнергичных протонов, попадающих в земную атмосферу в районе геомагнитных полюсов и через "магнитный хвост" Земли /16/. Все эти причины могут обусловить заметное увеличение потока вторичных нейтронов и, следовательно, содержания C^{14} в атмосфере в годы максимума солнечной активности. Расчеты показали, что, например, за счет вспышки на Солнце 23 февраля 1956 г. удельная активность C^{14} в атмосфере должна была возрасти на 0,75% /15/. Аналогичное явление было обнаружено при исследовании активности трития в слоях Гренландского льда, образованных в период 1925-1952 гг /17/. На кривой изменения активности трития со временем обнаружены два типа периодически повторяющихся максимумов ($T_{период.} \simeq$ 11 лет): одни соответствовали минимуму солнечной активности, аналогично кривой 2 рис. 4, другие - максимуму, аналогично кривой рис. 5.

Детальный анализ данных по радиоактивности сравнительно короткоживущих радиоизотопов с $T_{1/2} <$ 3 лет (см. табл. 1) в метеоритах, выпавших за последние 15 лет /1/, позволил автору настоящей статьи сделать вывод о том, что область эффективной модуляции галактических космических лучей (турбулентный слой рис. 1) расположен на расстоянии 2 а.е. от Солнца /8,18/. Было также установлено, что средняя интенсивность галактических космических лучей (за 1959-71 гг) в области межпланетного пространства между 2 и 4 а.е. (в соответствии с протяженностью орбит метеоритов) постоянна и равна 0,39 частиц/$см^2$·сек·стер /8,19/. Такое же значение получено для интенсивности галактических космических лучей у границ атмосферы Земли в 1965 г., соответствующему минимуму солнечной активности /20/.

Следовательно, сфера влияния солнечной активности на интенсивность галактических космических лучей весьма огра-

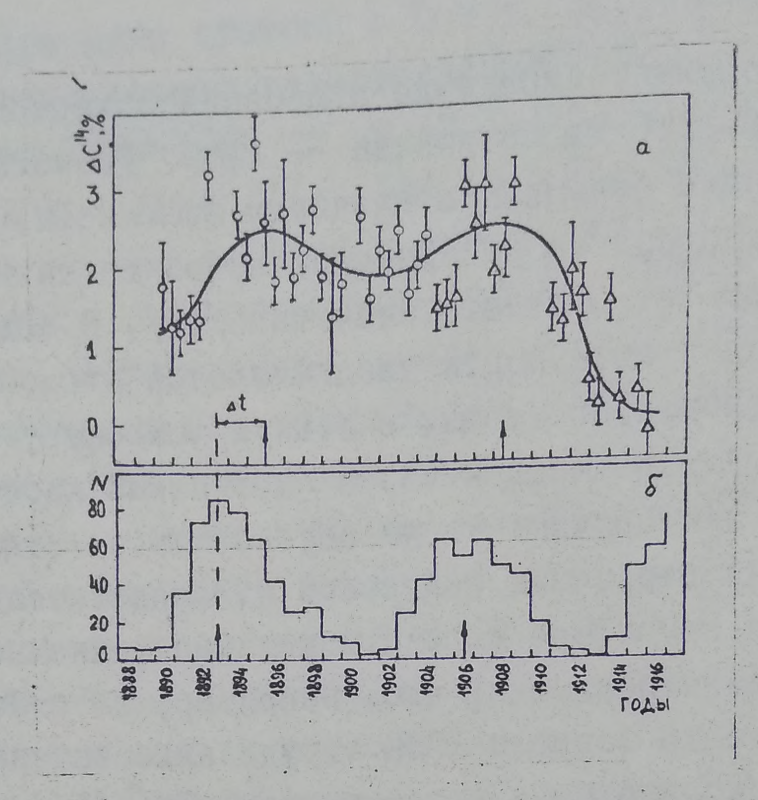


Рис. 5. Изменение Δ C^{14}(а) и числа солнечных пятен (б) со временем /I4/. Стрелками отмечены максимумы приведенных зависимостей. Коэффициент корреляции максимален при Δt = I,7 года и равен + 0,57 при уровне достоверности 0,999.

ничена и распространяется немного дальше орбиты Марса (см. рис. 3). Она совпадает с границей начала астероидного пояса. Внутри этой сферы интенсивность космических лучей периодически изменяется в зависимости от активности Солнца (II-летние вариации). Средняя интенсивность галактических космических лучей вблизи Земли за солнечный цикл равна 0,28 частиц/см^2·сек·стер /2I,22/.

Средняя интенсивность солнечных космических лучей может быть измерена только, очевидно, путем анализа радиоактивности лунных пород. Лишенная атмосферы и магнитного поля Луна является наилучшим объектом для изучения временных вариаций космических лучей на расстоянии I а.е. от Солнца. Низкоэнергетические солнечные космические лучи (E < 400мэв) вызывают активность практически в ближайшем к поверхности слое толщиной 4 см; глубинное распределение космогенных изотопов здесь характеризуется спадом активности в 4-5 раз по сравнению со значением на поверхности

(см. рис.6). Это вносит существенный вклад в активность смешанных проб, взятых вблизи поверхности. Расчеты показывают, что до 44% активности AI^{26} и Na^{22} в пробе I реголита, доставленного Луной-I6 /23/, образовано солнечными космическими лучами, а в пробе реголита Луны-20 - до 34% /24/. Средний поток солнечных космических лучей за I-ю

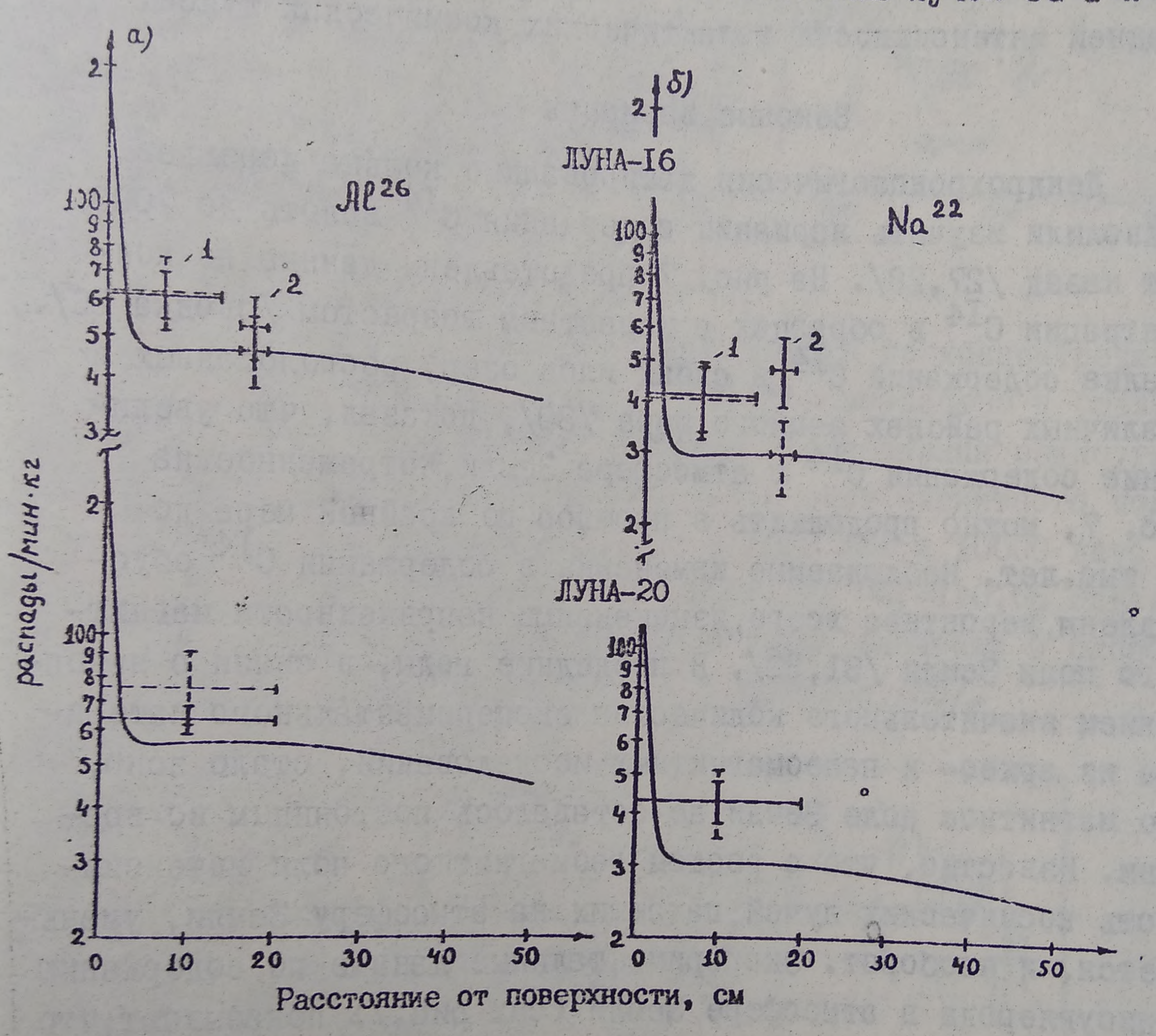


Рис. 6. Распределение активности AI^{26} (а) и Na^{22} (б) в лунном реголите, доставленном Луной-I6 /23/ (верхний ряд расчетных кривых и результатов измерений в пробах I и 2) и Луной-20 /24/ (нижний ряд расчетных кривых и результатов измерений). Сплошные кресты - измеренные значения активности; пунктир - ожидаемые значения в анализируемых пробах.

половину 20-го солнечного цикла $I_p = 2,46 {}^{+0,44}_{-0,74}$ протон/ $см^2 \cdot сек \cdot стер$ был впервые получен нами /25/ путем анализа данных по активности Na^{22} в образце 10017, доставленном Apollo-11 (изъятие пробы из облучения - июль 1969 г.) /26/. Таким образом, в области орбиты Земли средняя интенсивность солнечных космических лучей примерно на порядок выше средней интенсивности галактических космических лучей.

Вековые вариации

Дендрохронологически датированные кольца деревьев позволили изучить вариации содержания C^{14} вплоть до 7000 лет назад /27,28/. На рис. 7 представлены данные по концентрации C^{14} в образцах с известным возрастом /сводка 29/. Анализ содержаний C^{14} в слоях илов озер, расположенных в различных районах земного шара /30/, показал, что увеличение содержания C^{14} в атмосфере Земли, отраженное на рис. 7, можно продолжить в прошлое по крайней мере до 10 тыс.лет. Наблюдаемые изменения в содержании C^{14} обусловлены, вероятнее всего, изменениями напряженности магнитного поля Земли /31,32/. В последние годы, в связи с накоплением значительного количества экспериментального материала из архео- и палеомагнитных исследований, стало ясно, что магнитное поле Земли не оставалось постоянным во времени. Известно, что с ростом геомагнитного поля интенсивность космических лучей, падающих на атмосферу Земли, уменьшается, и наоборот. Экспериментальные данные по содержанию радиоуглерода в атмосфере Земли (см. рис.7) показывают, что если считать единственным источником вариаций C^{14} магнитное поле, то наилучшее согласие теории с экспериментом имеет для периода T = 10000 лет /29/.

Были обнаружены также колебания содержания C^{14} с меньшим периодом (около 85-200 лет) и амплитудой 2-3% /27,33/; эти изменения концентрации C^{14} находятся в отрицательной корреляции с изменениями числа пятен на Солнце (в вековом цикле) /см. рис.8/ и обусловлены, вероятнее всего, модуляцией интенсивности галактических космических лучей за счет магнитных полей солнечной плазмы /30/.

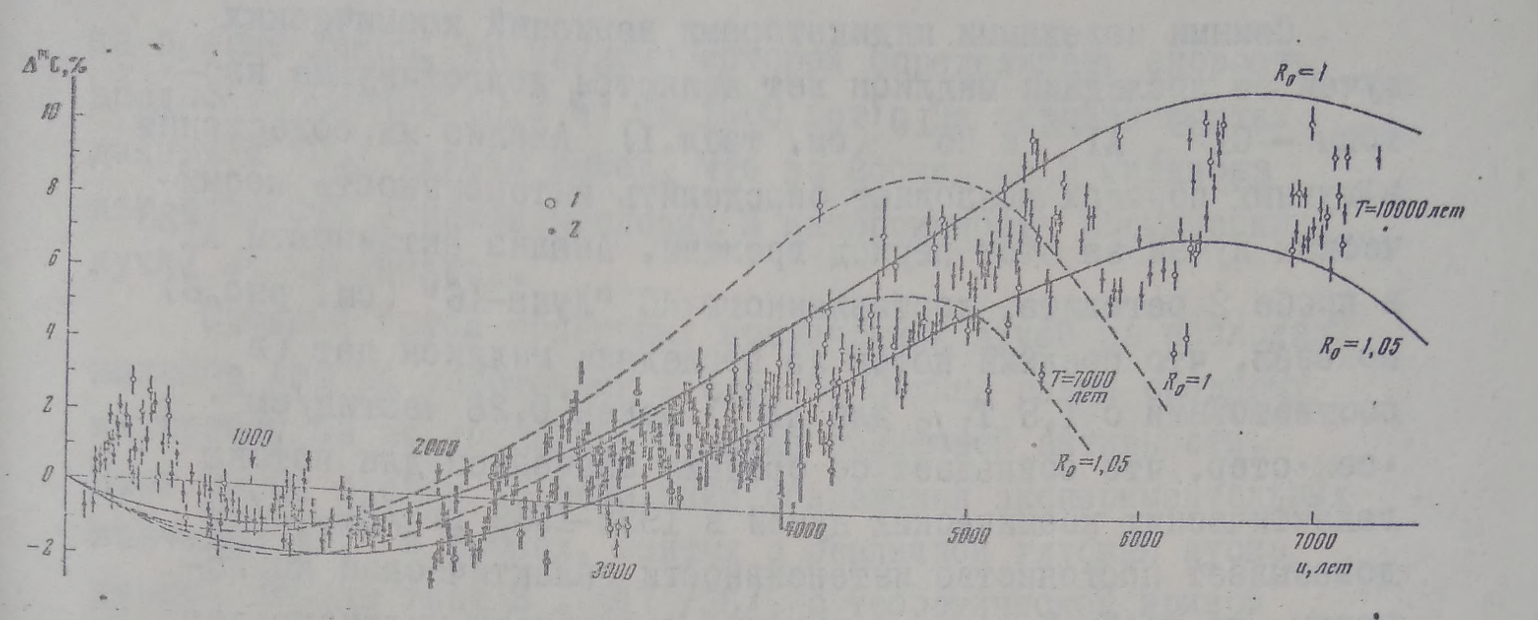


Рис. 7. Экспериментальные данные по концентрации ^{14}C в образцах с известным возрастом в сравнении с расчетными данными содержания радиоуглерода в атмосфере Земли за счет магнитного поля для двух периодов: T = 7000 лет и 10000 лет. $T_{1/2}$=5730 лет. Параметр $R_o=1\pm0,05$ связан с неопределенностью наших значений о скорости образования ^{14}C в прошлом /29/.

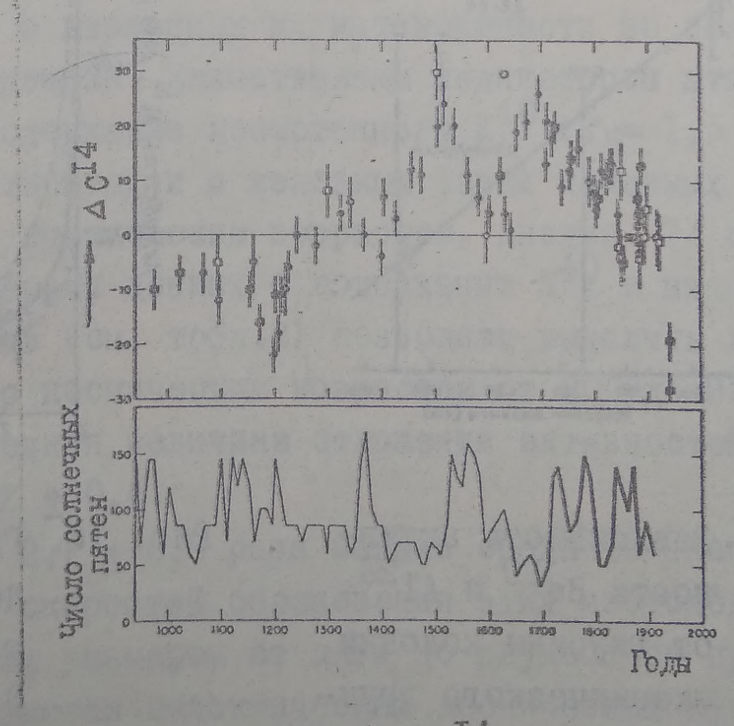


Рис. 8. Изменение содержания C^{14} в кольцах деревьев (верхний рисунок) и числа солнечных пятен (нижний рисунок) за последнюю тысячу лет.

Вариации за последний миллион лет

Самыми надежными индикаторами вариаций космических лучей за последний миллион лет являются долгоживущие изотопы - CI^{36}, AI^{26} и Be^{10} (см. табл.I). Анализ их содержания в лунных породах позволяет определить интенсивность космических лучей за этот период времени. Анализ активности AI^{26} в пробе 2 реголита, доставленного АС "Луна-I6" (см. рис.6) показал, что средний поток за последний миллион лет (в соответствии с I,5 $T_{1/2}$ для AI^{26}) равен 0,28 частиц/см^2·сек·стер, что совпадает со средним значением для потока галактических космических лучей в I958-I969 гг /2I,22/ и доказывает постоянство интенсивности галактической компоненты, по крайней мере, в течение последнего миллиона лет. Изучено содержание Be^{10} и AI^{26} в разных слоях колонки океанического грунта /34/. Эти данные приведены на рис. 9; видно, что за исключением фракции D точки хорошо ложатся

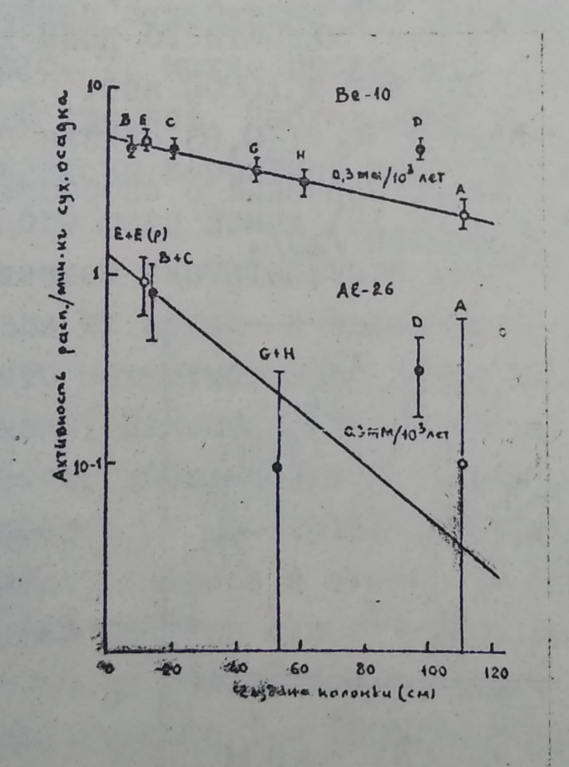


Рис. 9. Зависимость активности Be^{10} и AI^{26} от глубины колонки океанического грунта /34/.

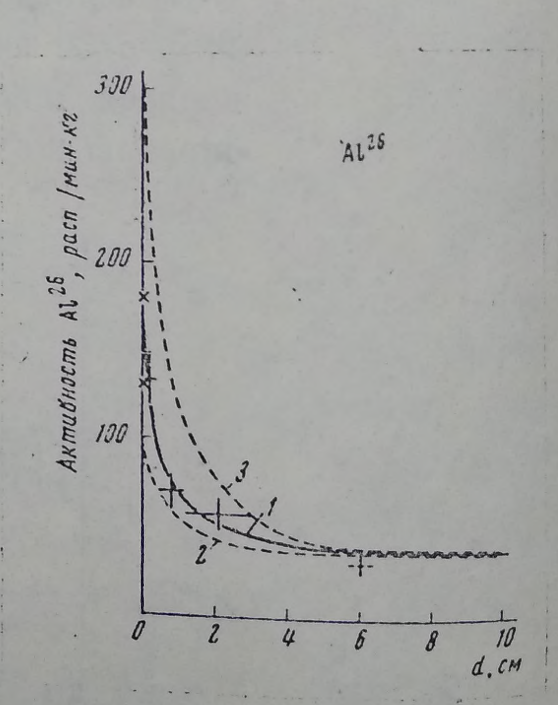


Рис. I0. Глубинное распределение AI^{26} в образце лунной породы BI00I7. Расчетная кривая /25/, экспериментальные точки /26/.

на прямые линии, по наклону которой определялась скорость осадконакопления (0,3 мм за 1000 лет). На основании этих данных в /35/ сделан вывод, что за последние 3 миллиона лет скорость осадконакопления и интенсивность космических лучей не изменялась.

Средний поток солнечных космических лучей за последний миллион лет на расстоянии 1 а.е. от Солнца равен среднему их потоку за полуцикл 20-го цикла солнечной активности. Этот вывод сделан на основании совпадения экспериментальных значений Al^{26} в пробах, взятых с различной глубины куска лунной породы типа В 10017 /26/, с теоретической кривой рис. 10, рассчитанной при значении потока солнечных космических лучей, определенного в этих же образцах, по активности Na^{22} (I_p = 2,46 протон/см^2.сек·стер) /25/. Следовательно, уровень солнечной активности за последний миллион лет оставался постоянным.

Вариации за последний миллиард лет

Особый интерес для вопроса происхождения космических лучей и познания процессов эволюции тел Солнечной системы представляют данные о вариациях их интенсивности за более длительный период времени. Единственным индикатором этих вариаций является содержание космогенного K^{40} ($T_{1/2}$= 1,5 млрд. лет) в железных метеоритах и в железных фазах каменных метеоритов с разным космическим возрастом. Анализ /7/ полученных в настоящее время данных о содержании K^{40} в никелистом железе метеоритов (см. табл.2) позволяет выделить группу из 8 метеоритов с космическим возрастом от 300 до 900 млн.лет. Для них средняя величина отношения активностей K^{40} к Cl^{36} равна 1,2 ± 0,4.

Эта величина в 2,7 ± 0,8 раза меньше среднего значения отношения расчетных скоростей образования этих изотопов в железных метеоритах размером от пяти до двухсот см при современной интенсивности галактических космических лучей /1/. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что интенсивность космических лучей в период 300-900 млн. лет тому назад была примерно в 3 раза ниже современной.

Данные для метеоритов Кларк Каунти и Уильямстоун с космическим возрастом от I,4 до 2,2 млрд.лет указывают на то, что в этот период интенсивность космических лучей могла быть близка к современной. Интересны также данные, полученные для металлической фазы железо-каменного метеорита Эдмайр: они,кажется,могут свидетельствовать о том, что около I00 млн.лет тому назад интенсивность галактических космических лучей опять возросла до величины близкой к

Таблица 2

Величины отношения $(A_{K}40/A_{CI}^{36})_{равн}$ в железных метеоритах /7/

Метеориты	Космический возраст, 10^6 лет	Активность, расп/мин кг K^{40}	$K^{40}_{равн}$	CI^{36}	Отношение $(A_{K}40)_{равн}/A_{CI}^{36}$
Уильямстоун	2200	3,5-6,4	5,I-9,3	3,3	I,6-2,8
Кларк Каунти	I400	8,2	I8	4,4	4,0
Маунт Эйлиф	920	6,8	I7,6	I7	I,03
Грант	680	4,6	I5,2	I2,4	I,2
Арус	640	2,3-7,8	8,0-27	I4	0,6-I,9
Богоу	560	9	36	24	I,5
Трейза	530	3,8	I6	2I	0,8
Карбо	600-300	2,2	8,3-I5	7,5	I,I-2,0
Одесса	370	I,9	I0,5	7,9	I,25
Сихотэ-Алинь	350	I,3	7,2	6,3-I2,5	I,I-0,6
Эдмайр (металлическая фаза)	I40	I,I	I5,3	7,4	2,I
Расчетные скорости образования					3,2±I,2 /I/

современной. По-видимому, интенсивность галактических космических лучей в Солнечной системе периодически изменялась (см. рис.II). Это указывает на то, что основным источником галактических космических лучей являются гигантские вспышки Сверхновых, ядра Галактики или других массивных объектов, а не малоинтенсивные, хотя и частые вспышки большого числа звезд типа Солнца. В последнем случае кривая рис.II не имела

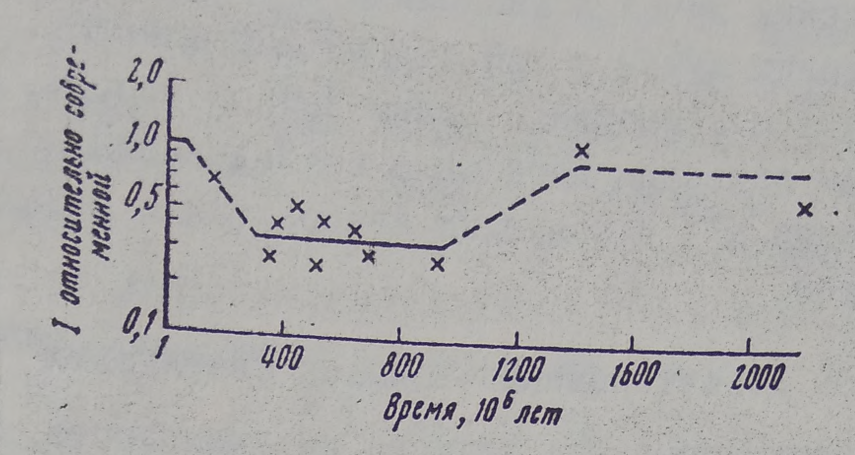


Рис. II. Изменение интенсивности галактических космических лучей в Солнечной системе за последние 2 млрд.лет относительно современного уровня /7/.

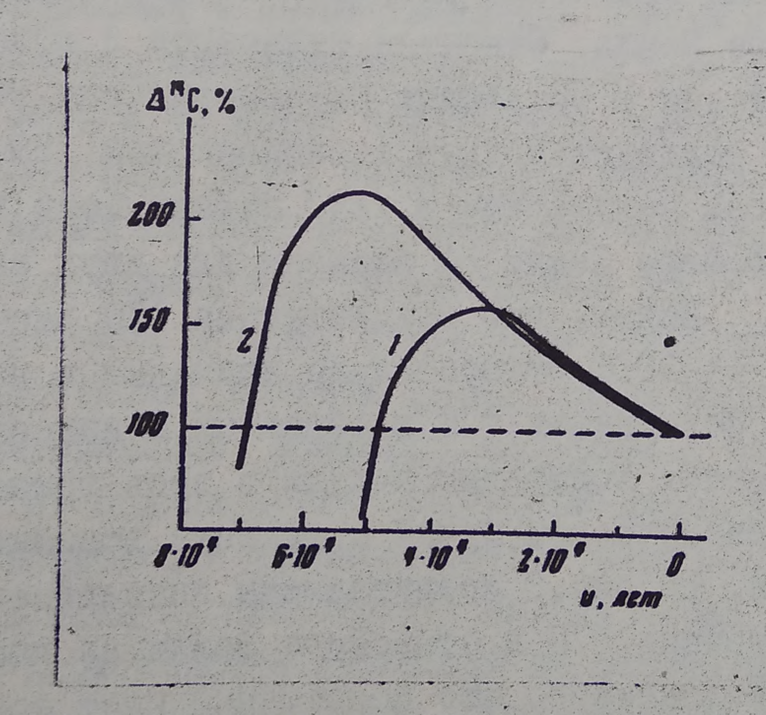


Рис. I2. Изменение концентрации радиоуглерода со временем для корпускулярного излучения от Сверхновой, находящейся на расстоянии 10пс , для двух различных моментов вспышки: I – t = $6\cdot10^4$ лет; 2 – t = $8\cdot10^4$ лет; u – время, исчисляемое от нашего времени в прошлое /29/.

бы минимума. Недавно Либби /36/ произвел оценку возраста космических лучей в Галактике и пришел к выводу, что 50% космических лучей в ней старше 100 млн.лет. Это находится в наилучшем согласии с ходом кривой рис.11. В настоящее время мы проводим детальные исследования по определению содержания K^{40} в железных метеоритах с разным космическим возрастом.

Детектирование вспышек Сверхновых

Кратковременные вспышки интенсивности космических лучей могут быть обнаружены только в природных объектах, которые образуются не за очень большой промежуток времени. К ним относятся кольца деревьев, слои океанических льдов, океанические осадки, слои ила озер и т.д. В ряде работ /37,38/ показано, что при вспышках сверхновых возможны существенные изменения скорости образования радиоуглерода в атмосфере Земли. Открытие пульсаров и возможность их отождествления с остатками Сверхновых еще более усилило интерес к радиоуглеродным исследованиям /39,29/. На рис.12 представлены полученные в /29/ зависимости концентрации ^{14}C в атмосфере Земли от времени для двух значений t и r = 100 пс. Видно, что концентрация ^{14}C растет и может достигать ~ 200% относительно значения в наше время. Путем измерения содержания ^{14}C в образцах с известным возрастом представляется возможным получить весь временный ход интенсивности космических лучей с момента вспышки Сверхновой до наших дней. На рис.8 представлены экспериментальные данные по концентрации ^{14}C в атмосфере Земли за последние 7000 лет. Если будет доказано, что монотонный рост концентрации радиоуглерода будет наблюдаться и после 7000 лет, то это будет существенным аргументом в пользу эффекта Сверхновых. В этом случае по зависимости концентрации ^{14}C в атмосфере Земли мы можем получить сведения о времени вспышки Сверхновой.

Энергия быстрой компоненты также может быть определена по содержанию радиоуглерода в датированных образцах. Например, для Сверхновой Кассиопея А (1700 г.) оценки полной

энергии γ -компоненты дают $E = 10^{51}$ эрг. Теоретические расчеты для Сверхновой с массой $M = 10\ M$ ($M_\odot$ - масса Солнца) дают $E = 5 \cdot 10^{49}$ эрг. Экспериментальный верхний предел и теоретические оценки не исключают возможности обнаружения корреляции между вспышками Сверхновых и изменением ^{14}C в атмосфере Земли за счет γ -компоненты. Оценки дают для возрастания концентрации ^{14}C в атмосфере вслед за вспышками Сверхновой величину 2% для $r = 10$ пс и $M = 10\ M_\odot$ и 32% для $r = 100$ пс и $M_\odot = 20\ M$.

Высказывается предположение /40/, что повышение активности Be^{10} и Al^{26} в слое D колонки океанического грунта (см. рис.9) может быть обусловлено мощной вспышкой Сверхновой, произошедшей примерно $(2-6) \cdot 10^5$ лет тому назад, на месте которой сейчас обнаружен пульсар PSR 0950 - один из наиболее "близких" к Солнечной системе.

Вспышки Сверхновых в нашей Галактике происходят очень редко. Можно считать, что сверхновые II типа вспыхивают каждые 100-200 лет, в то время как частота вспышек сверхновых I типа в 2-3 раза реже. Расчет /41/ показывает, что за всю историю нашей Солнечной системы она несколько десятков раз находилась ближе, чем на расстоянии 20 пс от вспыхнувшей Сверхновой II типа, а 3-4 раза такие вспышки случались на расстоянии, меньших 10 пс. Таким образом, периодически повторяющиеся вспышки Сверхновых в непосредственной близости от Солнца должны рассматриваться как закономерный процесс в эволюции нашей планетной системы. Что же произойдет, если одна из ближайших к Солнцу звезд вспыхнет как Сверхновая? Если вспышка произошла на расстоянии 10пс, видимая величина ее была бы -18^m. Она создавала бы на Земле освещенность в 1000 раз больше, чем полная Луна, но в 1000 раз меньше Солнца. Сверхновая звезда сияла бы на небосводе несколько лет, после чего она перестала бы быть видимой невооруженным глазом. Вокруг звезды образовалась бы туманность, волокна которой расширились бы с угловой скоростью $\sim 2'$/год. Примерно через 10^4 лет расширяющаяся туманность достигла бы Солнечной системы, после чего послед-

няя на десятки тысяч лет оказалась бы внутри системы газовых волокон. Наиболее важный эффект этого – увеличение плотности первичных космических лучей в несколько десятков раз. Если, например, интенсивность космических лучей повысится в 100 раз (это соответствует средним условиям внутри волокнистых туманностей в Лебеде), то средний уровень радиоактивности в приземном слое воздуха увеличится в 30 раз. А это уже может иметь серьезные генетические последствия для различных долгоживущих видов. Особенно велика генетическая опасность для высокоорганизованных, весьма специализировавшихся видов животных с ограниченной популяцией. Для таких видов длительное, продолжающееся десятки тысяч лет заметное повышение уровня ионизации в окружающей среде может повлечь за собой катастрофические последствия.

Литература

1. Лаврухина А.К. "Ядерные реакции в космических телах". Изд-во "Наука", М., 1972.
2. Жданов Г.Б. "Частицы высоких энергий". Изд-во "Наука", М., 1965.
3. Добротин Н.А. "Космические лучи". Изд-во АН СССР,М.,1963.
4. Дорман Л.И. "Вариации космических лучей и исследования космоса". Изд-во АН СССР, М., 1963.
5. Дорман Л.И. и Мирошниченко Л.И. "Солнечные космические лучи". Изд-во "Наука", М., 1968.
6. Singer S.F. Phys.Rev.,76, N5, 701, 1949.
7. Лаврухина А.К. Известия АН СССР,серия физическая, 33, № 11, 1870, 1969.
8. Лаврухина А.К. Вестник АН СССР, № 9, 72, 1970.
9. Лаврухина А.К., Устинова Г.К., Ибраев Т.А. Известия АН СССР, сер. физич., 33, № 11, 1877, 1969.
10. Лаврухина А.К. Геохимия, № 1, 11, 1973.
11. Webber W.R. Труды Международного семинара по изучению физики межпланетного пространства с помощью космических лучей (Ленинград, 3-7 июня 1969 г.).Изд. отд.ФТИ АН СССР, Л., 1969, стр.190.

I2. Алексеев В.А., Лаврухина А.К., Мильникова З.К., Смирнов И.В., Сулержицкий Л.Д. В сб."Радиоуглерод". Вильнюс, I97I, стр.45.

I3. Лаврухина А.К., Алексеев В.А., Галимов Э.М., Сулержицкий Л.Д. ДАН СССР, 2I0, № 4, 94I, I973.

I4. Алексеев В.А., Мильникова З.К. Труды Всесоюзного совещания по проблеме : "Астрофизические явления и радиоуглерод". Изд-во Тбилисского унив-та, I970, стр.I07.

I5. Lingenfelter R.E., Ramaty R. Radiocarbon variations and absolute chronology, N.Y., 1970, p.513.

I6. Дорман Л.И. В сб. "Радиоуглерод", Вильнюс, I97I,стр.I7.

I7. Aegerter S.K.,Loosli H.H.,Oeschger H. "Radioactive Dating and Methods of Low-Level Counting". IAEA, Vienna, 1967, p.49.

I8. Лаврухина А.К. Известия АН СССР, сер.физ.35,№II,2496, I97I.

I9. Лаврухина А.К., Горин В.Д., Устинова Г.К. Известия АН СССР, сер.физич., 36, №II, I306, I972.

20. Стожков Ю.И., Чарахчьян Т.Н. Известия АН СССР, сер.физ., 30, №II, I8I0, I966.

2I. Базилевская Г.А., Квашнин А.Н., Панкратов А.К., Свиржевская А.К., Стожков Ю.И., Чарахчьян А.Н., Чарахчьян Т.Н. Известия АН СССР, сер.физ.,35,№II, 2483, I97I.

22. Чарахчьян А.Н., Базилевская А.Н., Чарахчьян Т.Н. Известия АН СССР, сер.физич., 37,№6, I258, I973.

23. Виноградов А.П., Лаврухина А.К., Горин В.Д., Устинова Г.К. ДАН СССР, 202, №2, 437, I972.

24. Лаврухина А.К., Горин В.Д., Кашкаров Л.Л., Устинова Г.К. Доклад на Ежегодной всесоюзной конференции по физике космических лучей, 25-28 сентября I973 г., г.Харьков.

25. Lavrukhina A.K.,Ustinova G.K., Nature,232, N 5311, 462, 1971.

26. Shedlovsky J.R., Honda M., Reedy R.C., Evans J.C., Lal D., Lindstrom R.M., Delany A.C., Arnold J.R., Loosli Heins-Hugo Fruchter J.S., Finkel R.C. Science, 167, N 3918, 574, 1970.

27. Suess H.E. In. "Radioactive dating and methods of low-level counting". IAEA, Vienna, 1967, p.143.
28. Lal D., Suess H.E. Annual Review of Nuclear Science, 18, 407, 1968.
29. Дергачев В.А., Кочаров Г.Е. Известия АН СССР, сер. физич., 36, №II, 2312, 1972.
30. Stuiver M., Science, 149, N 3683, 533, 1965.
31. Bucha V. Nature, 224, N 5220, 681, 1969.
32. Bucha V., Taylor R.E., Berger R., Haury E.W. Science, 168, N 3927, 111, 1970.
33. Suess H.E. J.Geophys.Res. 70, N 23, 5937, 1965.
34. Lal D., Venkatavaradan V.S. Science, 151, N 3716, 1381, 1966.
35. Yokoyama Y. Nature, 216, N 5115, 569, 1967.
36. Libby L.M. Nature, 225, N 5228, 166, 1970.
37. Константинов Б.П., Кочаров Г.Е. ДАН СССР, I65, №I, 63, I965.
38. Lingerfelter R.E., Ramaty R. The report XII Nobel Symposium Uppsala, Sweden, August 1969.
39. Дергачев В.А., Кочаров Г.Е., Румянцев С.А. Труды Всесоюзного совещания по проблеме "Астрофизические явления и радиоуглерод", Изд-во Тбилисского ун-та, I970, стр.II.
40. Lingenfelter R.E., Nature, 224, N 5225, 1182, 1969.
41. Шкловский И.С. "Сверхновые звезды". Изд-во "Наука", М., 1966.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Н.Я.КУНИН, Н.М.САРДОННИКОВ

Всесоюзный научно-исследовательский
геолого-разведочный нефтяной институт

ЦИКЛИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И КЛИМАТА ЗЕМЛИ В ФАНЕРОЗОЕ

Познание истории развития биосферы Земли возможно лишь при всестороннем рассмотрении эволюции всех геологических и геофизических процессов. До последнего времени детально исследовались тектонические, литологические, палеонтологические, геохимические и в меньшей степени некоторые другие глобальные процессы[x/], нашедшие отражение в каменной летописи Земли и расшифрованные с большей или меньшей степенью детальности с помощью современных методов геологического анализа. Целый ряд геологических явлений и их изменений во времени не получил достаточного освещения в научной литературе. В первую очередь это относится к мировому океану, время появления и изменения объема которого до настоящего момента недостаточно исследованы. Также слабо изучен вопрос об изменении биомассы Земли. К этому кругу слабо изученных проблем глобальной геологии относятся и изменение полярности магнитного поля и планетарного климата, хотя отдельные аспекты этих проблем для определенных этапов геологической истории и конкретных регионов получили освещение в мировой литературе.

[x/] Изменение состава атмосферы, эволюция магматизма.

Влияние магнитного поля и климата Земли на ход геологических процессов, в первую очередь на эволюцию осадконакопления и органического мира, несомненно. В настоящем исследовании предпринята попытка на основании всей суммы накопленных знаний установить закономерности изменения указанных параметров в фанерозое.

Инверсии полярности магнитного поля,
их периодичность, основные закономерности

В последние годы установлена коррелируемость эпох прямой и обратной намагниченности в межрегиональном и межконтинентальном масштабе, следовательно, инверсии магнитного поля несомненно имеют всеземной характер и не могут рассматриваться как специфические для какого-либо материка или их группировки.

К настоящему времени накоплена обильная информация по палеомагнитным определениям, построены первые сводные шкалы инверсий магнитного поля для различных интервалов фанерозоя /26, I6 и др./.

Проблема периодичности инверсий магнитного поля и их связи с другими геологическими явлениями не решена. Некоторые исследователи указывают на отсутствие упорядоченности или равномерной изменчивости магнитного поля, но в это же время намечают связи между частыми инверсиями магнитного поля и орогеническими фазами /26/. Другие отмечают полное отсутствие корреляции между сменой полярности и другими геологическими явлениями (Ранкорн, многие советские исследователи).

В.В.Меннер и др. /I4/ отмечают для разрезов позднего кайнозоя северного полушария корреляционную связь между инверсиями магнитного поля и изменением видового состава морских микроорганизмов (фораминифер, радиолярий и нанно-планктона).

Обобщение обширного материала позволило построить шкалу инверсий магнитного поля для всего фанерозоя и части венда (рис. I). При построении шкалы предпочтение отдавалось при прочих равных условиях тем палеомагнитным

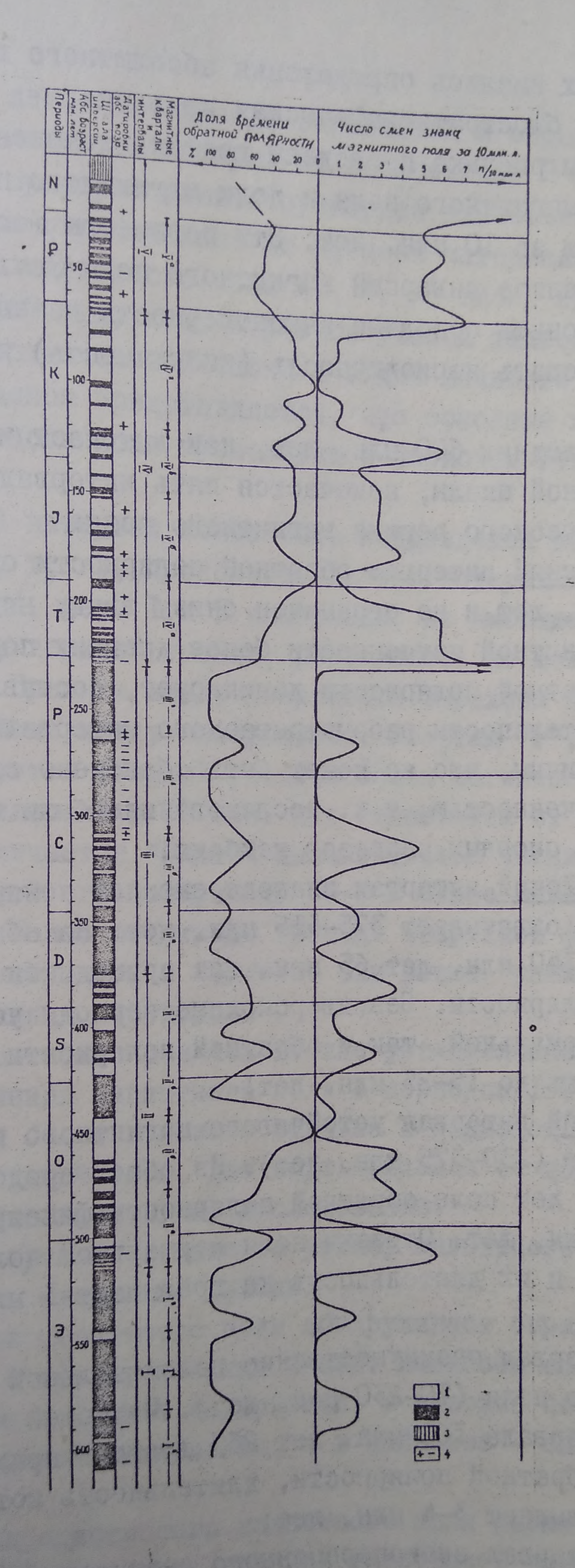


Рис.I. Цикличность изменения магнитного поля Земли.

данным, для которых имелись определения абсолютного возраста или надежная биостратиграфическая привязка.

В правой части рисунка приведены графики изменения количества инверсий магнитного поля и доли магнитного поля обратной полярности за I0 млн. лет. Эти параметры весьма существенны при анализе инверсий магнитного поля Земли, т.к. позволяют выяснить основные закономерности изменения его режима и установить периодичность (цикличность) этого процесса.

В течение последних 600 млн. лет, как вытекает из рассмотрения приведенной шкалы, намечается пять интервалов (периодов) специфического режима магнитного поля:

I) кембрийско-вендский интервал обратной полярности охватывает 5I5-600 млн. лет и не ограничен снизу ввиду недостаточной палеомагнитной изученности более древних пород. Магнитное поле обратной полярности доминирует, составляя 90% общей продолжительности рассматриваемого интервала. Инверсии поля единичны, что не может быть объяснено слабой палеомагнитной изученностью, т.к. исследованиям были подвергнуты несколько опорных разрезов кембрия;

2) девонско-кембрийский интервал знакопеременной полярности магнитного поля охватывает 375-5I5 млн. лет. Из общей продолжительности I40 млн. лет 65 млн. лет приходится на поле нормальной полярности. Безинверсионные периоды устойчивого поля как нормальной, так и обратной полярности имеют продолжительность до I5-25 млн. лет;

3) пермско-девонский интервал устойчивого магнитного поля обратной полярности (230-375 млн. лет). Из общей продолжительности I45 млн. лет поле обратной полярности фиксируется в течение I30 млн. лет. Отрезки поля нормальной полярности малочисленны и их длительность не превышает 3 млн. лет;

4) мезозойский интервал преимущественно положительной полярности магнитного поля (70-230 млн. лет). Из общей продолжительности интервала I60 млн. лет 25% времени приходится на отрезки обратной полярности, длительность которых никогда не превышает 3-4 млн. лет;

5) кайнозойский интервал знакопеременного магнитного поля

(0-70 млн. лет). На эпизоды нормальной и обратной полярности, длительность которых не превосходит 2-3 млн. лет, приходится примерно равная суммарная длительность.

Все три ограниченные во времени интервалы специфических режимов магнитного поля (2, 3, 4) имеют продолжительность I40-I60 млн. лет. С учетом слабой палеомагнитной изученности верхнемеловой эпохи и общей точности геохронологических оценок представляется, что основные изменения режима магнитного поля происходят с периодом I45-I50 млн. лет.

Каждый интервал может быть подразделен на четыре квартала (а, б, в, г), продолжительность которых варьирует от 30 до 50 млн. лет. I и 5 интервалы, не имеющие соответственно нижней и верхней границ, разделяются на меньшее число кварталов. Границы между кварталами выражены менее отчетливо, чем рубежи между интервалами. Квартал "г", как правило, характеризуется большей устойчивостью магнитного поля, количество инверсий в I0 млн. лет колеблется от 0 до 4, квартал "а" отличается большой динамичностью магнитного поля и частой сменой его полярности (6-8 и более инверсий за I0 млн. лет). Более отчетливо границы кварталов фиксируются в мезозое и кайнозое, в палеозое они имеют "размытый" характер постепенных переходов.

В целом можно считать вполне установленной цикличность изменения магнитного поля с периодом I50 млн. лет, цикличность более высокого порядка с периодом 30-50 млн. лет только намечается, для подтверждения ее достоверности требуются дополнительные исследования.

Рассмотренные данные по режиму магнитного поля позволяют сделать следующие выводы:

I. Изменение магнитного поля обнаруживает определенную корреляцию с геологическими эрами: палеозою соответствует преобладание обратной полярности, в мезозое поле преимущественно прямой полярности, а в кайнозое - знакопеременной.

2. Интервалы однотипного магнитного поля имеют длительность в среднем I50 млн. лет, границы интервалов намечаются достаточно уверенно. Каждый полный интервал разделяется на 4

квартала продолжительностью 30-50 млн. лет, границы кварталов прослеживаются менее отчетливо.

3. Отдельные инверсии не характеризуются цикличностью, их распределение обусловлено, повидимому, влиянием какого-то случайного процесса. Устанавливается тенденция учащения инверсий в начале интервалов положительной и знакопеременной полярности. Число инверсий за 10 млн. лет и их частота возрастают в мезозое и кайнозое по сравнению с палеозоем.

4. Из числа палеомагнитных рубежей фанерозоя наиболее выражена граница перми и триаса (230-225 млн. лет), когда произошло единственное в фанерозое обращение интервала обратной полярности в интервал прямой полярности, резко выросло число инверсий. К этой эпохе относится уникальная по масштабам раннесреднетриасовая регрессия, когда площадь моря на континентах сократилась в 2 раза по сравнению с трансгресивными циклами, и произошло значительное изменение органического мира, которое некоторые исследователи интерпретируют как палеонтологический разрыв.

Несомненно совпадение во времени столь различных глобальных геологических явлений отражает или их взаимосвязь, или обусловленность единой причиной.

Изменение климата Земли, периодичность и основные закономерности

Изучение климата геологического прошлого основано на анализе отложений-индикаторов климатических обстановок. Климат является одной из существенных характеристик фациальной обстановки, особенности климата играют важную роль в формировании осадков, оказывая заметное влияние на их состав. Поэтому справедлива постановка обратной задачи: по особенностям состава осадков для каждой геологической эпохи восстановить свойственный ей климатический режим. Естественно, что решение этого вопроса возможно лишь в самом общем виде, удается выделить только наиболее контрастные зоны полярных, умеренных и жарких поясов. Следует учитывать, что современный климат Земли аномальный, поэтому при оценке климатов прошлого принцип актуализма должен применяться с определенной осторожностью.

Обоснование существования и изменчивости климатических зон в фанерозое проведено Н.М.Страховым /20/ на основании распределения таких индикаторов климатической зональности как угли, бокситы, железные руды, кора выветривания, ледниковые отложения и эвапориты.

А.А.Мейергофф и Г.А.Мейергофф /I3/ составили график климатической зональности (рис. 2 А), отражающий чередование жарких "эвапоритовых" и холодных "ледниковых"эпох.

В.А.Орлова /I5/ выявляет цикличность климатических изменений 60-80 млн. лет для палеозоя и I7-35 млн. лет для мезозоя и кайнозоя (рис. 2 Б). Однако, геофизические доказательства изменения угла наклона оси вращения Земли более чем на $3-5^{0}$ отсутствуют, в то время как В.А.Орлова предполагает изменение угла до 45^{0}.

Важное место в развитии представлений о климатической цикличности имеют работы Г.Ф.Лунгерсгаузена /II/, уделившего большое внимание великим оледенениям. Он указывал, что природа крупных климатических колебаний не изучена, но "с известной вероятностью можно говорить об отражении в общем ходе развития геологических процессов и эволюции климата Земли периода полного галактического обращения Солнечной системы. Этому периоду, видимо, отвечает повторяемость грандиозных по масштабу оледенений Земли, "космических зим".

Таким образом, цикличность климатических процессов на Земле признается большинством авторов. Причинами ее считают тектонические процессы, колебания угла наклона оси вращения Земли, изменение потока солярного тепла, обусловленное вариациями интенсивности ядерных процессов на Солнце или изменением расстояния между Солнцем и Землей и "прозрачности" космического пространства, пронизываемого солнечными лучами, падающими на нашу планету. Периодичность колебаний планетного климата не установлена.

В настоящей работе на основании анализа контрастных индикаторов климатических обстановок: ледниковых образований и эвапоритов, устанавливается режим и периодичность климатических изменений в фанерозое.

Для целей климатического анализа можно использовать лишь те литологические типы пород, которые уверенно рас-

познаются, достаточно широко распространены и относительно слабо изменяются в фанерозое, надежно приурочены к одной из климатических зон и характеризуются удовлетворительной изученностью, позволяющей оценить количественно или полуколичественно масштабы распространения в пределах суши.

Этими признаками в полной мере обладают ледниковые отложения и эвапориты. Другие индикаторы климатической зональности: рифогенные и хемогенные известняки, латеритные коры выветривания, красноцветные породы, фосфориты, угли не удовлетворяют одному или нескольким указанным признакам и потому использование этих пород для целей анализа цикличности климатических процессов затруднительно.

Ледниковые и соленосные отложения обычно легко распознаются и пользуются в ареалах их распространения выдержанностью на больших площадях, что позволяет выявлять их уже на стадии региональных и мелкомасштабных исследований. Наряду с изучением площадной распространенности этих пород, неоднократно предпринимались попытки количественно оценить масштабы развития: производились подсчеты объема солей в отдельные эпохи фанерозоя. В связи с этим можно полагать, что современный уровень знаний позволяет наметить, в первом приближении, подлинно общемировые закономерности цикличности накопления ледниковых и соленосных отложений.

Для этих типов осадочных образований не отмечены какие-либо важные особенности направленной эволюции осадкообразования в фанерозое.

Эпохи широкого развития ледниковых образований получили в литературе название "великих оледенений". По аналогии мы предлагаем именовать этапы массового распространения соленосных отложений "великими засолонениями".

Великие оледенения

Проблема оледенений привлекает внимание геологов уже давно, но работы 50-60 годов по этому вопросу не могут быть использованы в полном объеме, т.к. в последние годы уточнен возраст многих ледниковых образований, и, чтобы однозначно подходить к выделению эпох оледенений, мы исполь-

зовали в анализе преимущественно работы конца 60-х - начала 70-х годов /8, I3, 9, 24, 23, 2I, 6, I7/.

В течение последних 600-650 млн. лет выделяются пять эпох общего похолодания климата Земли, к которым приурочено широкое развитие ледниковых образований: вендская, нижнесреднепалеозойская, верхнепалеозойская, мезозойская (выраженная менее отчетливо по сравнению с другими) и антропогеновая (рис. 2 В).

Вендское оледенение по данным Б.М.Келлера (9) характерно для северного полушария и доказано для большей части центральной, северной и восточной Европы, для Северного Тянь-Шаня, Казахстана и Сибири вплоть до Колымы; возраст оледенения 620-640 млн. лет. Е.И.Зубцов /6/ обосновывает широкое распространение преимущественно мариногляциальных отложений в полосе протяженностью 2800 км от Северного Казахстана через Северный Тянь-Шань до Китая и указывает на важное стратиграфическое значение ледниковых образований, которые могут рассматриваться в качестве репера на границе фанерозоя и докембрия.

П.Фурмарье /24/ датирует оледенение конца докембрия 650±60млн.лет и указывает, что это оледенение в "южном полушарии охватывает значительно большую площадь, чем в северном". В.Л.Медведев /I2/ убедительно показал, что в разрезах верхнего докембрия Западной и Экваториальной Африки имеются, как минимум, следы двух оледенений, позднейшее из которых датируется вендом. Единичные определения калий-аргоновым методом абсолютного возраста серии Мали, включающей тиллиты, показывают 560±50 млн. лет. В Экваториальной Африке в составе группы катанга, в верхних ее горизонтах, именуемых Большой Конгломерат и кундулукту, встречены ледниковые отложения, дислоцированные катангской складчатостью, которую В.Е.Хаин /25/ датирует в 620 млн. лет.

Изложенное подтверждает широкое развитие вендского оледенения в Лавразии и Африке.

Нижнесреднепалеозойские оледенения изучены слабо. Тиллиты распространены в Центральной Сахаре и Южно-Африканской республике, расстояние между зонами развития тиллитов достигает 6000-7000 км /I3, 23/, а также в Испании, где есть

следы ледниковой деятельности ордовико-силура в Сьерра-Морене. Дангард и Доре /28/ описывают мариногляциальные образования нижнего карадока-ашгилия в Нормандии и указывают на их аналоги в Тюрингии и Испании. Шенк /1972/ рассматривает возможные позднеордовикские гляциальные отложения в свите Уайт-Рок в Новой Шотландии, обосновывая этим принадлежность этой части Северной Америки отколовшемуся блоку Африки. Поуэлл и Сексан (1971) указывают на присутствие тиллитов раннего силура на Индостанском субконтиненте; а П.Фурмарье /24/ упоминает о тиллитах Япо в районе Сан-Паулу (Бразилия), также датируемых силуром и проводит аналогию между тиллитами Южной Африки и Южной Америки.

Приведенные данные свидетельствуют о несомненном развитии в позднем ордовике - раннем силуре обширного покровного оледенения, охватывающего материки Гондванской группы и Европейский континент. По палеомагнитным реконструкциям северный полюс в ордовике-силуре располагался в северной части Тихого океана.

Возраст этого оледенения измеряется в 410-460 млн. лет, наиболее вероятное значение 425±10 лет. Возраст ледниковых отложений раннего палеозоя Африки точно не определен, и является предметом дискуссии, поэтому данная датировка оледенения является первым приближением.

Верхнепалеозойское оледенение хорошо изучено на материках южной группы. Ледниковые отложения, датируемые верхнекаменноугольной-раннепермской эпохами (250-295 млн. лет) достоверно установлены в Южной Америке (свита Итарари), на Фолклендских островах, в Африке южнее экватора, на всех широтах в Австралии, во многих районах Антарктиды и в Северной Индии. Принадлежность этих образований единому верхнепалеозойскому оледенению не вызывает сомнения, но некоторые авторы /13/ полагают, что это оледенение носило не континентальный характер, а объединяло 30-40 высокогорных областей. Одни авторы /25, 24/ считают, что центры оледенений располагались в Капской провинции Африки, долине реки Параны в Южной Америке и на юге Австралии, другие /13/ гипотетические центры верхнепалеозойского оледенения располагают в

Антарктиде.

Доказано развитие ледово-морских отложений на севере СССР от Западного Верхоянья до Колымы, и на Новой Земле /2I/. Полярные области южного и северного полушарий в перми простирались до соответствующих параллелей 60^{o}, т.е. были равновелики.

Максимум покровного оледенения приходится на сакмарский век, т.е. датируется 270-280 млн. лет /2I, 23/. Б.М.Келлер /9/ оценивает возраст гондванского верхнепалеозойского оледенения в 300-3I0 млн. лет (средний карбон), это,по-видимому, нижний предел проявления начальных фаз оледения. Верхняя граница эпохи оледенения должна быть поднята, как минимум, до 240 млн. лет. Таким образом, верхнепалеозойское оледенение продолжалось 60-70 млн. лет, его экстремальное развитие датируется 270-280 млн. лет.

Следы мезозойских оледенений незначительны. Признаки юрского оледенения отмечаются в Антарктиде (В.Е.Хаин - I97I г.). Похолодание фиксируется во многих районах мира в средней юре, по смене красноцветных отложений темноцветными. В.М.Синицын /I9/ отмечал в истории мезозойского климата Евразии чередование аридных и гумидных фаз: ранний и средний триас - аридная фаза, поздний триас и юра до оксфорда включительно - гумидная фаза, поздняя юра и мел - аридная фаза.

В позднетриасовое - оксфордское время аридные области совершенно исчезли на территории Евразии, но в Северной и Южной Америке, Африке и Австралии синхронного похолодания не отмечается.

Различия температуры в течение мезозоя (особенно в ранней - средней юре) между тропическими и полярными областями были незначительны /I8/. Температура воды в Тетисе в нижней - средней юре по оценкам В.А.Вахрамеева /2/ была лишь на 3-5°С выше, чем в бореальных морях Сибири. Выравненность климатических условий, повидимому, обусловила отсутствие соленакопления в ранней - средней юре. Этот период - единственный длительный интервал времени в фанерозое, когда на всей территории Земли не от-

мечалось галогенеза /20/.

Итак, похолодание в ранней – средней юре, хотя и намечается достаточно отчетливо, но по интенсивности значительно уступает верхнепалеозойскому оледенению.

Антропогеновое оледенение наиболее изучено. Длительность его составляет по разным оценкам от 0,5 до I,2 млн. лет. Центр оледенения находится на широте 70–75° в Северной Атлантике или Гренландии. Ледниковый покров перекрывал Европу до параллели 50° с.ш., север Западной Сибири и полуостров Таймыр, всю Канаду и северную часть США. В южном полушарии Антарктида была полностью покрыта льдами, а в горах экваториальной Африки отмечается снижение снеговой линии до 3000 м (против 4500 м в настоящее время).

Явное похолодание началось примерно I,0 млн. лет назад одновременно в Арктике и Антарктике. Ледниковая фаза установилась быстро, без существенного изменения позиции полюсов относительно их нынешнего положения. Это свидетельствует, что не миграция полюсов или движение материков явилось причиной похолодания. В качестве его причины нельзя рассматривать и изменение океанических течений в связи с возникновением подводных порогов или континентальных перешейков, т.к. процессы формирования таких структур длительны и не могут обусловить синхронного быстрого похолодания в Арктике и Антарктике. Изучение палеоботаничических индикаторов климатической зональности со всей очевидностью свидетельствует, что общее похолодание в северном полушарии развивалось непрерывно, начиная с эоцена, т.е. продолжалось около 50 млн. лет, в то же время в верхнем мелу и палеоцене не отмечается миграции растительных сообществ к югу /I,3/.

Подведем некоторые итоги рассмотрения имеющихся данных о великих оледенениях Земли.

I. Масштабы оледенений еще не могут быть оценены количественно, поэтому наши представления о длительности периодов оледенения и их площадном распространении весьма приближенны.

2. Несомненно выделются три завершенные общемировые периода великих оледенений в венде и фанерозое:

а) вендское – в интервале 600–640 млн. лет

(620±20 млн. лет)

б) нижнесреднепалеозойские – в интервале 4I0-460 млн. лет (435±I0 млн. лет)

в) верхнепалеозойское – 240-300 млн. лет, экстремум 270-280 млн. лет

Четвертое великое оледенение в антропогене, судя по продолжительности вендско-палеозойских оледенений не завершено и лишь достигло экстремального развития. Вне названных периодов великих оледенений следы деятельности ледников покровного типа на территории суши не отмечаются, за исключением слабых проявлений юрского оледенения в Антарктиде.

3. Не отмечается строгой последовательности великих оледенений, оцененной Г.Ф.Лунгерсгаузеном /II/ в I80 -200 млн. лет или М.Шварцбахом и Б.М.Келлером /9/ в 300 млн. лет. Для вендского-палеозойских оледенений наиболее вероятна цикличность в I60-I80 млн. лет, эта цикличность не соблюдается на мезозойкайнозойском этапе развития, причем, даже выделение юрского оледенения (похолодание) "не восстанавливает" цикличность, т.к. первые фазы верхнепалеозойского и антропогенового оледенений разделяет интервал времени в 270-300 млн. лет, а начало юрского оледенения не может быть принято позднее I80 млн. лет.

4. Великие оледенения охватывают протяженные интервалы геологической истории, оцениваемые величиной 40-60 млн. лет, что соизмеримо с геологическими эрами. Вместе с тем, наступление отдельных фаз оледенений геологически мгновенно. Фазы оледенений разделены фазами существенного потепления климата вплоть до аридизации.

5. Принимая вслед за Г.Ф.Лунгерсгаузеном, А.А.Мейергоффом и другими исследователями эпохи великих оледенений в качестве "ледниковых минимумов", можно оценить интенсивность четырех великих оледенений равновеликой, а юрское оледенение считать вдвое меньшим по интенсивности и продолжительности. С учетом этих соображений может быть построен схематизированный график развития оледенений в истории Земли (рис. 2 В), который позволяет охарактеризовать цикличность оледенений как прерывисто-гармоническую с периодом I60-I75 млн. лет для палеозоя

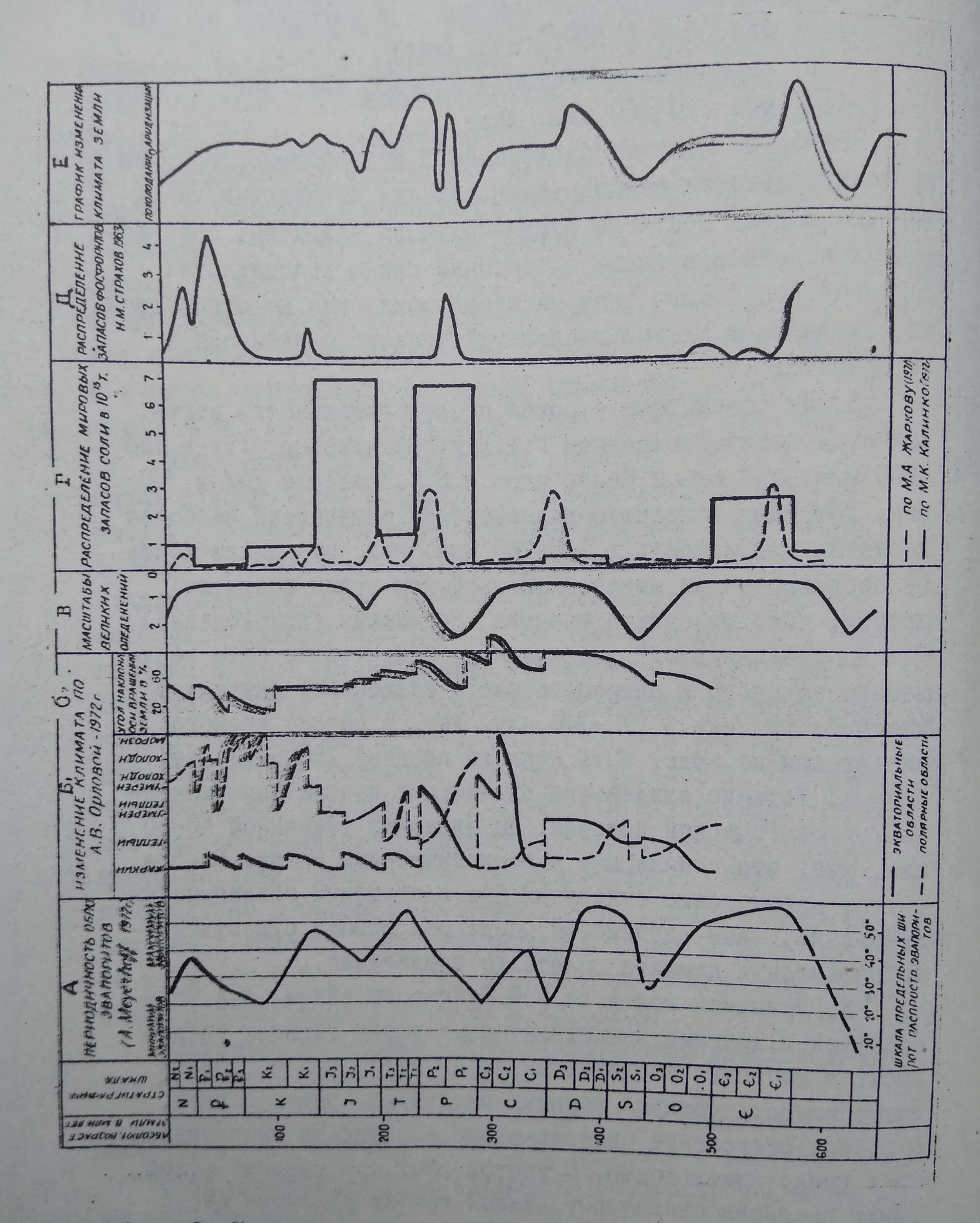


Рис. 2. К цикличности изменения климата Земли.

и изменением режима в мезозое. Если предположить, что некоторый цикл в мезозое оказался экранированным какими-то неясными пока процессами, то интервал между двумя последними великими оледенениями составляет 270-280 млн. лет, что примерно вдвое превышает величину периода оледенений для палеозоя - венда.

Великие засолонения

Важные данные об изменениях глобального климата могут быть получены по материалам исследования масштабов накопления галогенных пород. Геохимическая и фациальная обстановка соленакопления детально рассмотрена в трудах Ф.Лотце, Н.М.Страхова, М.Г.Валяшко, А.А.Иванова, М.П.Фивега и многих других. Среди галогенных пород, особенно при массовом их накоплении, преобладает галит, в парагенетической связи с которым накапливаются калийные соли, гипсы и ангидриты. Проведенными исследованиями надежно подтверждена приуроченность галогенных пород к аридным климатическим зонам. Начиная с позднего докембрия соленакопление отмечается практически во всех системах фанерозоя, причем процессы аккумуляции солей периодически усиливаются или резко ослабляются.

Широко известны реконструкции климатических зон фанерозоя на основании материалов о распространении солей /20/, попытки увязать соленакопление с тектоническими движениями земной коры, или эффузивным процессом /10,27/. Не касаясь этих аспектов, мы рассмотрим лишь проблему цикличности соленакопления, имея в виду, что эпохи максимального соленакопления наиболее обоснованно могут отождествляться с эпохами глобальной аридизации климата. Напомним, что галогенез признается Н.М.Страховым высшей формой аридного литогенеза.

Широкие исследования осадочных бассейнов на материках и в море привели к выявлению многочисленных новых областей соленакопления. Хотя площади и объемы соленакопления еще несомненно будут существенно уточняться, эпохи соленакопления в фанерозойской истории можно считать в значительной мере установленными /20, 10/. Новые

данные о распространении соляных комплексов наиболее подробно отражены в обобщающих статьях М.А.Жаркова /4/ и М.К.Калинко /7/, материалы которых могут быть положены в основу современных представлений об эпохах грандиозного солеобразования или великих засолонений в истории Земли.

Анализ распространенности эвапоритов во времени позволил Ф.Лотце /10/ таким образом сформулировать свой вывод: "Интенсивность галогенеза в разные периоды была различной. Были эпохи и периоды, в течение которых соленосные отложения почти не образовывались или же накапливались в незначительных количествах. Но существовали и эпохи интенсивного галогенеза, приводившего к накоплению громадных толщ эвапоритов. Эпохами интенсивного галогенеза были ранний кембрий, поздний силур, средний девон, особенно позний девон, пермь, как ранняя, так и поздняя, поздний триас, поздняя юра и ранний мел, рубеж между эоценом и олигоценом, наконец миоцен. Для этих эпох характерно широкое развитие аридного климата".

М.А.Жарков /4/ сделал ориентировочный подсчет объемов каменной соли, накопившейся в раннекембрийскую эпоху - не менее $1{,}4 \cdot 10^{15}$ м^3. Примерно равны этой величине, по его оценкам, и объемы девонского и пермского соленакопления."Объемы солей для триаса приблизительно оцениваются в два раза меньшими, а для юры, мела и неогена - в четыре раза меньшими, чем для эпох интенсивного соленакопления палеозоя. Значительно меньше, возможно на порядок, накопилось солей в силуре, нижнем и верхнем карбоне и палеогене". М.А.Жарков связывает палеозойские эпохи солеобразования, вслед за Н.М.Страховым и А.Л.Яншиным, с воздействием завершающих этапов байкальской, каледонской и герцинской складчатостью. Мезозойское соленакопление отличается почти непрерывным развитием, приурочено почти целиком к Андийскому и Средиземноморскому складчатым поясам.

М.К.Калинко /7/ оценил распределение общего количества каменной соли по системам фанерозоя по состоянию изученности на 1971 г. По его данным главные эпохи засолонения Земли имели место в перми и юре, а возможно и в триасе. Кембрийское засолонение уступает пермскому и юр-

скому примерно в 2,5 раза, а позднедевонское, девонское, меловое и неогеновое засолонения имеют масштабы в 7-10 раз меньше. В остальные периоды фанерозоя масштабы засолонения меньше максимальных в несколько десятков раз.

Представления М.К.Калинко и М.А.Жаркова сопоставлены на рис. 2 Г. Следует отметить, что дефицит информации о границах распространения и мощностях соленосных формаций не позволяет в настоящее время прибегать к строгим количественным оценкам массы солей.

Оценка режима соленакопления в раннем мезозое зависит,таким образом,от расчетов объемов и уточнения возрастной приуроченности солей Галф-Коста, Атлантики и Срединоземноморья. По совокупности иных климатических индикаторов и достоверным данным о возрасте достаточно изученных галогенных толщ отметим следующее:

I. Наиболее вероятна повышенная аридизация климата в нижнем мезозое, в раннем и позднем триасе и поздней юре.

2. Эвапориты бассейна Истмус-Табаско в юго-восточной Мексике формировались до позднеюрской эпохи, это дает основание считать возраст всех солей Галф-Коста допозднеюрским.

3.Эвапориты Южной Европы и Северной Африки имеют преимущественно позднетриасовый возраст.

4. В северной Европе и США развиты преимущественно позднепермские и раннетриасовые эвапориты.

Исходя из этих соображений мы склонны считать наиболее вероятным возраст солей Галф-Коста не моложе позднего триаса, скорее всего позднепермско-раннетриасовым, а возраст эвапоритов Восточной Атлантики и Срединоземноморья полагаем преимущественно позднетриасовым.

В связи с этим, нам представляется приемлемым выделение в качестве значительных эпох соленакопления для мезозоя раннетриасовой, позднетриасовой и верхнеюрской, причем масштабы соленакопления в последней являются значительно меньшими по сравнению с пермским засолонением.

Вызывает сомнение палеогеновый минимум и неогеновый максимум соленакопления (рис. 2 Г). Отметим во-первых, что именно к границе мела и палеогена приурочено время

аридизации на обширных территориях, во-вторых, палеогену соответствует максимум фосфоритонакопления (рис. 2 Д), наконец, наиболее строгие и достоверные материалы по палеоботанике свидетельствуют, что с эоцена началось постепенно прогрессирующее похолодание в Северном полушарии.

Таким образом, глобальный режим соленакопления в мезозое и кайнозое, по нашему мнению, отличается относительной равномерностью с некоторым общим усилением в триасе и в поздней юре и ослаблением в ранней-средней юре и послеэоценовое время.

Фосфоритообразование относится к числу плохо изученных климатических индикаторов. Н.С.Шатский, Н.М.Страхов и другие исследователи связывают фосфоритообразование с теплым или жарким климатом. Масштабы фосфоритообразования и его распределение во времени слабо изучены, однако его связь с биосферой представляется весьма вероятной, в связи с чем представляют интерес даже самые ориентировочные характеристики распределения во времени и цикличности фосфоритообразования. В качестве таких материалов на рис. 2 Д приведены данные о распределении мировых запасов фосфоритов по Б.М.Гиммельфарбу (1958) с исправлениями Н.М.Страхова /20/.

Климатические циклы

Подведем некоторые итоги анализа закономерностей цикличности глобальных климатических явлений, которые нашли отражение в построенном нами графике фанерозойской глобальной климатической дифференциации (рис. 2 Е).

Важнейшей особенностью рассмотренных материалов является безусловное несовпадение периодов великих оледенений и великих засолонений. Вероятно, это положение следует рассматривать как основу первого закона глобального палеогеологического климатообразования. Великие оледенения во времени всегда предшествуют великим засолонениям и образуют, по-видимому, парагенетически связанный комплекс явлений, характеризующий совместно определенный аномалистический климатический период. Могут

быть достоверно намечены три таких периода: поздневендский-раннекембрийский, среднепалеозойский и позднепалеозой-раннемезозойский. Длительность глобальных климатических катаклизмов не может быть еще оценена точно, но, очевидно, она заключена в интервале 50-100 млн. лет.

Климатические катаклизмы разделены интервалами относительной глобальной климатической стабильности, когда процессы солеобразования и оледенения контролируются локальными или региональными тектоническими, орографическими и климатическими факторами. Эти периоды рассматриваются как нормальные, суммарное количество льдообразования и соленакопления имеют небольшие значения и рассматриваются как некоторые фоновые. В качестве таких периодов могут быть намечены средний кембрий-средний ордовик, поздний девон - средний карбон.

Совокупность аномалистического и стабильного периодов образуют климатический цикл. В течение позднего венда-палеозоя (625-230 млн. лет) могут быть намечены $2^{1/2}$ таких тектонических цикла, средней длительностью в 160 млн. лет.

Второй важнейшей особенностью изменения глобальных климатов в фанерозое является отчетливое различие климатического режима палеозоя и мезозоя (рис. 2 Е). Климатический режим палеозоя отличается большей контрастностью. В мезозое климаты изменяются менее контрастно, оледенения практически не фиксируются, а засолонения отличаются более широко во времени и пространстве, однако масштабы их проявлений в юрском и меловом периоде далеко не достигают уровня пермского или кембрийского засолонения. Раннетриасовый эвапоритовый экстремум мы рассматриваем как завершающую фазу пермского великого засолонения Можно полагать, что нормальный климатический фон мезозоя несколько сдвинут в сторону потепления по сравнению с нормальным фоном палеозоя.

Климатический режим мезозоя не обнаруживает достоверной цикличности, можно, по-видимому, говорить о некотором общем затухании во времени климатических колебаний Климатический режим кайнозоя характеризуется общим похолоданием, начавшимся в эоцене.

ВЫВОДЫ

I. Установлено несовпадение во времени эпох великих следенений и великих засолонений, наиболее четко фиксирующих глобальное похолодание и глобальное потепление в истории Земли.

2. Отмечается закономерная смена великих оледенений великими засолонениями, совместно образующими климатический катаклизм продолжительностью от 50 до I00 млн.лет.

3. Климатические катаклизмы и интервалы относительной климатической стабильности образуют климатические циклы средней длительностью в I60 млн. лет.

4. Климатические режимы палеозоя и мезозоя разнотипны. Первый характеризуется прерывисто гармонической цикличностью с периодом в первые десятки млн. лет.

5. Климатический режим кайнозоя обнаруживает сходство с палеозойским.

6. Климатическая цикличность обнаруживает определенную связь с инверсиями магнитного поля. Великие оледенения в венде и верхнем палеозое приходятся на интервалы обратной полярности магнитного поля (I и 3 интервалы), а антропогеновое оледенение совпадает с эпохой знакопеременного магнитного поля (более I0 инверсий в I0 млн. лет). Резкий катаклизм климата в триасе совпадает с единственной в фанерозое эпохой смены интервала преимущественно обратной полярности на прямую. Периоды относительно слабо меняющегося климата в мезозое-кайнозое и ордовике - нижнем девоне совпадают с интервалами прямой или знакопеременной полярности, с числом инверсий обычно менее 5 в I0 млн. лет.

Общая продолжительность климатических циклов и интервалов специфического режима магнитного поля приблизительно одинакова и составляет I50-I60 млн. лет.

7. Причина глобальной климатической цикличности и изменения режима магнитного поля, по-видимому, в значительной мере, определяются внешними космическими факторами, и связаны с обращением Земли вокруг центра галактики.

Литература

I. Баргхорн Э.С. В сб. "Проблемы палеоклиматологии" "Мир" М. I968.
2. Вахрамеев В.А. и др. Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени. "Наука" М. I970
3. Дорф Э. В сб. "Проблемы палеоклиматологии" "Мир" М. I968
4. Жарков М.А. В сб. "Проблемы общей и региональной геологии" "Наука" Новосибирск I97I
5. Зубов И.П., Кунин Н.Я. и др. "Сов. геология" № II I972
6. Зубцов Е.И. Бюлл. МОИП, отд.геол. № I,I972
7. Калинко М.К. "Сов. геология" № 2, I973
8. Келлер Б.М., Лаврушин Ю.А. Великие оледенения в истории Земли "Знание" М. I970
9. Келлер Б.М. "Сов. геология" № 9 I970
I0. Лотце Ф.А. В сб. "Проблемы палеоклиматологии" "Мир" I968
II. Лунгерсгаузен Г.Ф. В кн. "Проблемы планетарной геологии" Госгеолтехиздат, М. I963
I2. Медведев В.Я. Изв. ВУЗ "Геология и разведка" № II I972
I3. Мейергофф А.А., Мейергофф Г.А. Новая глобальная тектоника - основные противоречия. Bull. Amer. Assoc. Petrol. geol. 52, 2, I972
I4. Меннер В.В. и др. Изв. АН СССР, сер. геол. № 6 I972
I5. Орлова А.В. "Природа" № 8, I972
I6. Печерский Д.М. Изв. АН СССР, сер. геол. № 3, I970
I7. Проблемы палеоклиматологии "Мир" М. I968
I8. Сакс В.Н., Басов В.А., Дагис А.А. и др. В сб."Проблемы общей и региональной геологии" "Наука" Новосибирск, I97I
I9. Синицин В.М. Древние климаты Евразии. 2, изд. ЛГУ I966
20. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Госгеолтехиздат, М. I963
2I. Устрицкий В.И. Изд. АН СССР, сер. геол. № 4, I972
22. Фейбридж Р.В. В сб."Проблемы палеоклиматологии"

"Мир" 1968
23. Фролов В.Т. Ледниковые отложения пермского возраста Австралии. Бюлл. МОИП, отд. геол., № 3, 1972
24. Фурмарье П. Проблемы дрейфа континентов. "Мир" 1971
25. Хаин В.И. Региональная геотектоника (Северная и Южная Америка, Антарктида и Африка) "Недра" М. 1971
26. Храмов А.Н. и др. В сб. "Настоящее и прошлое магнитного поля Земли" М. 1965
27. Яншин А.Л. "Геология и геофизика" № 1, 1961
28. Dangeard L, Dore F. Facies glaciales de l'ordovicien superieur en Normandie. "Mem.Bur. rech. geol. et minieres" N 73, 1973

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

И.И.КРАСНОВ

КРИВАЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ЛАНДШАФТНОЙ ОБОЛОЧКИ В АНТРОПОГЕНЕ

Гипотеза солнечной обусловленности развития природных процессов на Земле в фанерозое еще не получила достаточного подтверждения и признания. Однако резкие периодические колебания общепланетарных природных условий в антропогене уже давно объясняются многими исследователями космическими причинами и в частности солнечной радиацией. Идеи развития Земли как замкнутой системы теперь признаются несостоятельными. Отсюда поиски внеземных факторов, оказывающих воздействие на изменения природных условий на всем Земном шаре. Поскольку геологическая история антропогена изучена наиболее детально, и она характеризуется упомянутыми периодическими колебаниями, к ней впервые была применена астрономическая теория колебаний климатов.

Общий ход геологического развития Земли в антропогене характеризуется единым колебательно-направленным процессом похолодания климата, происходящим одновременно на обоих полушариях. Он начался еще в миоцене и приобрел наиболее резко выраженный пульсирующий, ритмичный характер в эоплейстоцене и плейстоцене. Наиболее характерной особенностью антропогена является многократное чередование холодных и теплых климатических эпох, обуславливающих развитие материковых оледенений, резкую миграцию ландшафтных зон, эволюцию растительного и животного мира и появление человека. Новейшие данные по стратиграфии, палеонтологии, палеоэкологии и

палеогеографии подтверждают существование этих сложных ритмичных изменений палеоклимата в антропогене. Во многих странах ведутся поиски причинноследственных связей, позволяющих объяснить происхождение столь значительных колебаний природных условий. Это необходимо для дальнейшего развития науки и решения ряда практических задач.

В настоящее время стратиграфические схемы антропогена составляют в масштабе не только относительной, но и "абсолютной" хронологии. Это означает, что хроностратиграфические подразделения и границы, установленные с помощью биостратиграфической и климатостратиграфической методики в масштабе относительной хронологии, теперь уточняются методами "абсолютной" хронологии. Поэтому новые схемы антропогена сопоставляются с хронологической шкалой в годах, т.е. "оцифрованы". При этом степень точности датировок необходимых для детального расчленения антропогена (т.е. отрезка времени ~ 3,5-4,0 млн.лет), должна быть намного выше по сравнению с датировками более древних отрезков кайнозоя и всего фанерозоя. "Абсолютный" возраст основных границ стратиграфических подразделений устанавливается, на разных отрезках хроностратиграфической шкалы, с помощью разных методов. В пределах верхнего плейстоцена - до 50-60 тыс.лет - получены сотни достоверных радиоуглеродных датировок. Можно считать, что основные стратиграфические границы в пределах верхнего плейстоцена определены достаточно надежно, с точностью до I-2 тыс.лет. Для датировок более древних отложений и событий применяются различные физико-химические (изотопные, радиометрические) методы. В последние годы успешно используется термолюминесцентный анализ средне- и нижнеплейстоценовых отложений. Универсальное значение имеют точно датированные палеомагнитные инверсии, которые устанавливаются на всей хроностратиграфической шкале антропогена. Датировки, полученные с помощью разных физико-химических методов, ошибочно называемые "абсолютными", хотя некоторые из них менее точны, чем относительные датировки, пока еще недостаточно надежно сопоставляются между собой. Это объясняется разной ценой деления в шкалах,

применяемых при измерениях геологического возраста разными методами. В настоящее время мы можем использовать эти данные лишь для уточнения положения хроностратиграфических рубежей, намеченных другими стратиграфическими методами.

Из сказанного ясно, что единой универсальной хроностратиграфической шкалы геологического времени в абсолютном летоисчислении еще нет. В связи с этим возникает необходимость сопоставления стратиграфической шкалы антропогена с каким-либо надежным хронологическим эталоном, позволяющим упорядочить положение известных геологических событий и климатических колебаний антропогена на хронологической шкале. Такая шкала существует давно. Мы имеем в виду шкалу солнечной радиации М.Миланковича /8,28,21,30/Она основана на периодических вековых колебаниях (возмущениях) элементов земной орбиты, связанных с изменениями эксцентриситета орбиты и наклона земной оси к плоскости эклиптики. Эти возмущения влияют на изменения расстояний и положения Земли относительно солнца, от чего, в свою очередь, зависят ритмические колебания получаемой ею суммы солнечной радиации.

На основе радиационных кривых, расчитанных Миланковичем, сперва на 600 000 лет, а позднее на I 000 000 лет, многие исследователи строили свои астрономические теории колебаний климатов. Имеется много графических схем и кривых оледенений плейстоцена /3-6,II,I7-20,22-27,29,30,33, 34,36-38 и многие другие/.

Около 50 лет назад Пенком и Брюкнером, а также Кеппеном были впервые намечены датировки четырех альпийских ледниковых эпох - вюрмской (включающей стадию варта) 20-II5 тыс.лет, рисской I80-230 тыс.лет, миндельской 420-480 тыс.лет и гюнцской 540-600 тыс.лет. Эти цифры были получены путем сопоставления данных геологических и геоморфологических исследований с пиками кривой солнечной радиации. Любопытно, что датировки вюрмского, рисского и миндельского оледенений почти точно совпадают с современными датировками этих трех больших ледниковых эпох Европы и всех стадий этих оледенений, полученных с помощью изотопных,

термолюминесцентных и палеомагнитных методов датирования пород. Автор считает, что пики радиационных минимумов на кривой солнечной радиации хорошо совпадают с эпохами оледенений на протяжении всего плейстоцена. Поэтому можно использовать кривую солнечной радиации в качестве хронологического масштаба для уточнения датировок ледниковых и межледниковых эпох для всего антропогена.

Астрономическая теория колебаний климатов Миланковича неоднократно подвергалась критике и ревизии. Многие геологи и палеогеографы вообще отрицали ее научное значение. Утверждения ряда исследователей о том, что между пиками радиационной кривой и реальными геологическими событиями существуют значительные расхождения /I4,32,6,2/ основаны на методических ошибках, допущенных при истолковании кривых. Следует заметить, что неполнота геологической летописи особенно по раннему плейстоцену, является виной геологов, а не астрономов.

В связи с многочисленными попытками опровержения астрономической теории колебаний климатов неоднократно производилась ее проверка /I8,35/. В I968 году проверка расчетов Миланковича была произведена в Институте теоретической астрономии АН СССР Ш.Г.Шараф и Н.А.Будниковой /I2, I3/. В результате этой работы Шараф и Будникова не только подтвердили правильность расчетов Миланковича в пределах I млн.лет, но построили кривые солнечного облучения в течение калорических полугодий для широты 65°, приведенные к эквивалентной широте на 30 млн.лет назад и на I млн.лет вперед - для времени будущего, в тысячелетиях от I950 года. Кроме того ими приведена кривая возмущенных значений эксцентриситета на 3 млн.лет.

Эти новые данные представляют большой интерес для геологов и палеогеографов. Они позволяют сопоставить все установленные к настоящему времени геологические события антропогена и плиоцена, связанные с крупными колебаниями климата - с новой кривой солнечной радиации, а также с палеомагнитной шкалой и попытаться выявить взаимосвязи между этими различными природными явлениями.

Обратимся к рассмотрению новых радиационных кривых в пределах от 0 до 4 млн.лет. Кривые составляются раздельно для 65° северного и 65° южного полушария. На них показываются суммы радиации за калорические полугодия. "Калорическими" полугодиями по Ш.Г.Шараф (1972) называются "условия при которых количество тепла, получаемое единицей площади на широте φ в любой из дней летней половины года, превышает количество тепла, получаемого этой же поверхностью в любой день зимней половины. Сравнение суммы радиации, поступающей на единицу площади на широте φ в течение "калорического" полугодия какого-то года геологического прошлого или будущего, с суммой радиации, получаемой той же поверхностью в настоящее время, дает возможность судить о том, получала ли данная поверхность в указанном году больше или меньше тепла, чем в настоящее время, другими словами - судить о колебаниях климата за данный отрезок времени". Итак на кривых показываются изменения полугодовых сумм радиации раздельно за летний и зимний периоды.

Так как амплитуды колебаний радиационных кривых в пределах низких широт - примерно до 45°, почти не претерпевают вековых изменений, а в направлении к высоким широтам амплитуды колебаний годовой инсоляции увеличиваются, в качестве средней широты на радиационных графиках принимается 65° широты, с которым сравниваются условия инсоляции в разные годы. На графиках инсоляция приведена к эквивалентной широте, которая по Ш.Г.Шараф определяется следующим образом. "Пусть в определенный год геологического прошлого t_1, единица площади на широте φ получила в течение калорического полугодия сумму радиации равную Q_I. В настоящее время эту же сумму радиации в течение того же калорического полугодия получает широта φ_1. Следовательно в t_1-м году широта φ_2 получила столько радиации, сколько сейчас получает широта φ. Определенная таким образом широта φ_2 называется эквивалентной". Так, например, на графике северного полушария пик летнего радиационного минимума, бывшего 230 тыс.лет назад, достигает 76° эквивалентной широты, а пик 970 тыс.лет назад - 77,5°. Это означает, что в указан-

ные годы количество солнечной радиации на 65° с.ш. было намного меньше нормального и соответствовало количеству радиации получаемой на II-I2° более северной широтой. Таким пикам минимумов радиации могут соответствовать ледниковые эпохи, особенно если они совпадают с тождественными пиками на кривой южного полушария. Однако не все большие пики радиационных минимумов отвечают оледенениями. Это объясняется тем, что часто пики на кривой северного полушария не совпадают с соответствующими пиками на кривой южного полушария. Т.е. пики не вполне синхронны и располагаются в разных фазах. Но эти различия обычно не превышают 5-I0 тыс. лет. Если похолодания в северном полушарии поддерживаются похолоданиями в южном полушарии, то возникает эффект глобального похолодания, и в максимальном варианте, даже материковое оледенение. Следовательно оледенения или резкие климатические колебания (похолодания и потепления) устанавливаются лишь тогда, когда пики на кривых обоих полушарий синхронны. Такие совпадения наблюдаются неоднократно в плейстоцене, реже в апшероне и акчагыле. Иногда бывают случаи когда резкий пик минимума на кривой северного полушария совпадает по времени с пиком радиационного оптимума на кривой южного полушария. В таком случае кривые "гасят" друг друга и никакого резкого климатического колебания данная ситуация не вызывает.

Для получения наиболее достоверной кривой палеоклиматических колебаний, имеющих значение для всей Земли в целом, мы считаем необходимым учитывать не только радиационные кривые северного полушария, как это делалось до сих пор многими, но также и кривые южного полушария. Для этого необходимо произвести сложение или усреднение данных по северному и южному полушариям, с целью выделения на усредненной глобальной кривой пиков наиболее резко проявляющихся радиационных минимумов и максимумов. На этой кривой нами выделяются такие пики радиационных минимумов, которые достигают 69° и более высоких эквивалентных широт. С ними могут сопоставляться крупные глобальные эпохи похолоданий и даже материковых оледенений. Эти пики на графике заштрихованы и против каждого проставлена дата.

Согласно расчетов астрономов М.Миланковича /8,29/, а также Ш.Г.Шараф и Н.А.Будниковой /I2,I3/ солнечная радиация на протяжении антропогена (т.е. последних 3,5-4 млн. лет) не отражает идеально правильных ритмичных колебаний, укладывающихся в строго определенные ритмы. Анализ радиационной кривой показывает, что на ней имеются значительные участки с весьма резко выраженными пиками радиационных возмущений, чередующихся с еще большими участками со слабо выраженными пиками, соответствующих спокойному радиационному режиму. Наиболее резко выражены пики в плейстоцене, т.е. во время ледниковых периодов. В эоплейстоцене этих пиков становится меньше, они встречаются значительно реже и разделены длительными эпохами спокойного режима, выраженными на кривой плавными волнистыми линиями. С ними совпадают длительные эпохи глобальных потеплений и межледниковые. Ход радиационных кривых отражает сложную систему ритмов, среди которых наиболее четко выявляются II000, 2I000, 42000, 94-I20000, 400-430000 летние ритмы. Это вероятно объясняется тем, что солнечная радиация не является величиной постоянной, на что указывал еще М.С.Эйгенсон /I5,I6/. Поступление лучистой всеволновой энергии на Землю имеет сложный ритмично-пульсирующий характер. При этом существенно, что мелкие ритмы солнечной активности (II, 22, 35, I00 летние и более высокие), устанавливаемые гелиофизиками и астрономами, образуя сложные сочетания, слагаются (интерферируют) в ритмы более высоких рангов. Они-то, очевидно, и воздействуют на изменения природных условий в геологическом прошлом.

В настоящее время явления ритмичности в природе усиленно изучаются. Уже намечается общая шкала таксономии ритмов. Для геологов наибольшее значение имеют ритмы от суточных и вековых до ритмов в десятки и сотни тысяч и миллионы лет. Ритмы, четко выявляемые на радиационной кривой, соответствуют: 2I000 - малым ледниковым эпохам или крупным стадиалам и межстадиалам, 42000 - большим ледниковым и межледниковым эпохам, 94-I20000 - сдвоенным и строенным эпохам потеплений и похолоданий, есть и более крупные ритмы 400-430 тыс.лет, 700 тыс.лет и др.

Итак, теперь появилась возможность упорядочить абсолютные датировки геологических событий и соответствующих хроностратиграфических подразделений в пределах общей схемы антропогена с помощью новой радиационной шкалы. Эта шкала обладает тем преимуществом, что на ней точно датированы все пики радиационных минимумов и максимумов, что позволяет намечать эпохи похолоданий и потеплений в пределах нижнего плейстоцена, эоплейстоцена, апшерона, акчагыла, калабрия и виллафранка. Для отрезка времени от I до 4-х млн.лет еще не было предложено достаточно детальной климатостратиграфической схемы. Некоторыми исследователями указывались эпохи похолоданий и даже оледенений (дунай, бибер, апшеронское и акчагыльское оледенения А.И.Москвитина /9,IO/), но эти события не были сопоставлены с хронологической шкалой или датировались не точно.

Настоящая работа представляет лишь первый опыт обобщения радиационных кривых обоих полушарий. В ней использованы данные (т.е. кривые) только для одной широты - 65^{0} сев. и юж.полушарий. Для этой широты радиационные пики на кривых выражены наиболее отчетливо. В дальнейшем будут произведены аналогичные расчеты и для других широт, что позволит подтвердить, и, возможно, частично откорректировать полученные данные.

В результате анализа радиационной кривой нами предлагается хронологическая схема для важнейших климатических колебаний в пределах всего антропогена, изображенная на прилагаемом графике. Эта схема согласована с данными биостратиграфии и поэтому может быть использована при разработке общей хроностратиграфической шкалы антропогена.

На предлагаемой климатостратиграфической шкале антропогена нами выделены мелкие и крупные климатические ритмы. Следует иметь в виду, что датировки приведенные на шкале климатических ритмов указываются без учета "эффекта запаздывания" на 3-5 тыс.лет, по сравнению с реальными геологическими датировками конкретных ледниковых и межледниковых эпох.

Палеоклиматические эпохи в пределах плейстоцена известны уже давно, они выделялись многими исследователями,

Составил И.И. Краснов ноябрь 1973 г.

Палеомагнитная шкала
по Коксу 1969 с дополнениями

- Абсолютные даты в тыс. лет
- Нормальное поле
- Обратное поле
- Возраст границ
- Ранги палеомагнитных инверсий: Зонита; Эпизод (event) (событие); Эпоха (epoch) (сезон)

Кривая солнечной радиации
по Миланковичу, Шараф и Будниковой

- Инсоляция в течение летнего полугодья. Для 65° сев. полушария тонкая линия; для 65° юж. полушария утолщенная линия. Эквивалентные широты: 59 61 63 65 67 69 71 73 75
- Усредненная кривая с датированными пиками радиационных минимумов. 63 65 67 69 71 73 75 77. Эквивалентные широты

Климатостратиграфическое обоснование подразделений антропогена

- Шкала климатических ритмов. Эпохи оледенений и похолоданий заштрихованы. Похолод. → ← потепл.
- Подразделения альпийской и североевропейской шкал
- Подразделения стратиграфической схемы СССР: Раздел; Подраздел; Биозвено; Климатическое звено; Климатолит (горизонт)
- Лессовая шкала УССР, интерпретация схемы М.Ф. Веклича: Индексы почв, лессов; Почвенные горизонты (заштрихованы) и лессы; Термолюм. датировки, фауна

Шкала абсолютных дат (тыс. лет): 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100

Палеомагнитная шкала: N_1; R_1; N_2; R_2; N_3. Возраст границ: 0.20, 0.10 Лашамп; 120 Блейк; 275; 375?; 690; 890 Джарамилло; 950; 1 610; 1 630; 1 640 Гилза; 1 790; 1 950 Олдувей; 1 980; 2 110; 2 130. Эпоха Брюнеса нормальная; Эпоха Матуяма обратная 2.4 – 069.

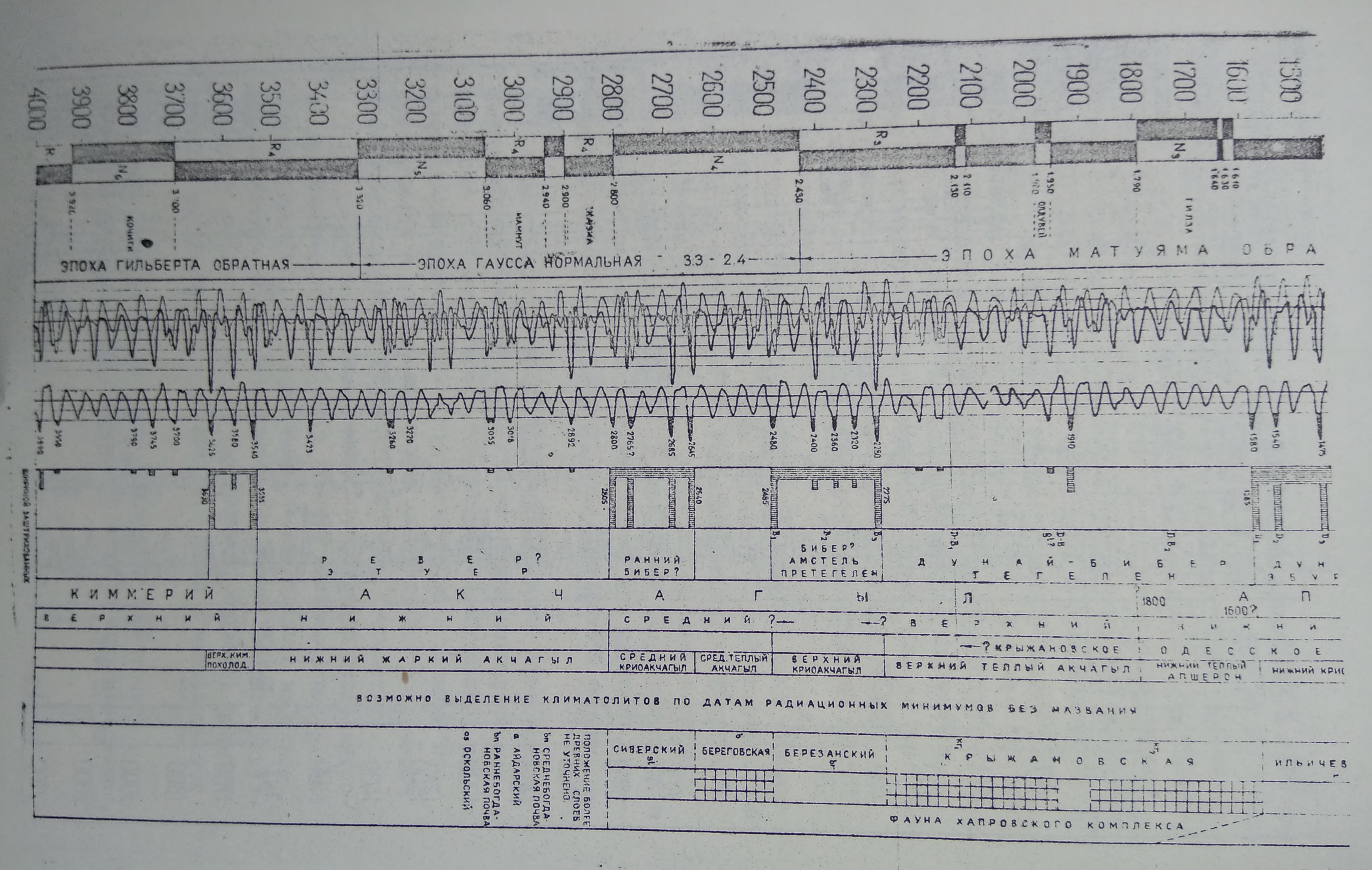
Датированные пики радиационных минимумов: 25, 72, 115, 187, 230, 318, 390, 435, 475, 560, 600, 665, 800, 850, 970, 1060, 1090, 1175, 1337, 1375, 1475, 1540, 1580, 1910.

Шкала климатических ритмов: 20, 83, 180, 235, 335, 480, 795, 860, 1330, 1565.

Подразделения альпийской и североевропейской шкал: Голоцен; W_2, W_1 Вюрм, Висла; R W Эем; R_3 Варта; R_2, R_1 Рисс, Заале, Дрентерёне; $M\text{-}R_2$, $M\text{-}R_{1\text{-}2}$, $M\text{-}R_1$ Миндель-Рисс, Гольштейн; M_3, M_2, M_1 Миндель, Эльстер; Cr_3, Cr_{gl_2}, Cr_2, Cr_{gl_1}, Cr_1 Гюнц-Миндель, Кромер; G_2, G_1 Гюнц, Менап; D-G gl_2, D-G gl_1 Дунай-Гюнц, Ваал; D_4, D_3, D_2, D_1 Дунай, Эбурон; D-B$_2$, D-B gl_1 Дунай-Бибер, Тегелен.

Стратиграфическая схема СССР. Раздел: Плейстоцен (Ледниковый плейстоцен, 500, 700); Эоплейстоцен (1600?, 1800). Подраздел: Верхний; Средний; Нижний; Верхний; Средний; Нижний. Биозвено: Верхнепалеолитическое; Хазарское; Сингильское; Тираспольское; Морозовское; Одесское (3-4 звена не разделенные); Крыжановское?. Климатическое звено: Валдайское; Среднерусское; Лихвинское; Белорусское?; Верхний апшерон; Верхний криоапшерон; Средний теплый апшерон (3 звена); Нижний криоапшерон; Нижний теплый апшерон; Теплый акчагыл. Климатолит: Современный; В. валдайский; Ср. валдайский; Н. валдайский; Микулинский; Московский; Одинцовский; Dn_2 Днепровский Dn_1; Окский; В. березинский; Н. березинский. Более древние климатолиты выделяются в некоторых региональных схемах, но пока не включаются в общую схему. Слоев без названия.

Лессовая шкала УССР: h, d, vt, pr, k_3, k_2, k_1, po_2, po_1, z_3, z_2, z_1, pts, bg, ud, ts, dn_1, or, ti, ti, l, su, m, m, pa, sh_2, sh_1, i, kr_2; Лубенская; Мартоношская; Широкинская; Ильичевская; Рыжановская. Термолюм. датировки: 10-24, 24-30, 58-70, 100, 230-258, 280, 322, 375, 470, 530, 607, N_1/R_1, 870-920. Фауна таманского комплекса; ?; ?; Апровского комплекса.


4000
3900
3800
3700
3600
3500
3400
3300
3200
3100
3000
2900
2800
2700
2600
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
N_6
R_4
N_5
N_4
R_3
N_3
3.920
3.700
3.320
3.060
2.940
2.900
2.800
2.430
2.130
2.110
1.970
1.950
1.790
1.640
1.630
1.610
КОЧИТИ
МАММУТ
КАЭНА
ОЛДУВЕЙ
ГИЛЗА
ЭПОХА ГИЛЬБЕРТА ОБРАТНАЯ
ЭПОХА ГАУССА НОРМАЛЬНАЯ 3.3 - 2.4
ЭПОХА МАТУЯМА ОБРА
3990
3950
3780
3745
3700
3625
3580
3540
3423
3260
3270
3055
3018
2892
2800
2765?
2685
2645
2480
2400
2360
2320
2250
1910
1580
1540
1475
3630
3535
2805
2640
2485
2275
1585
B_1
B_2
B_3
D-B_1
D-B gl?
DB_2
D_1
D_2
D_3
РЕВЕР? ЭТРУЕР
РАННИЙ БИБЕР?
БИБЕР? АМСТЕЛЬ ПРЕТЕГЕЛЕН
ДУНАЙ-БИБЕР
ТЕГЕЛЕН
ДУН
ЭБУР
КИММЕРИЙ
АКЧАГЫЛ
АП
1800
1600?
ВЕРХНИЙ
НИЖНИЙ
СРЕДНИЙ ?
? ВЕРХНИЙ
НИЖНИ
?КРЫЖАНОВСКОЕ
ОДЕССКОЕ
ВЕРХ.КИМ. ПОХОЛОД.
НИЖНИЙ ЖАРКИЙ АКЧАГЫЛ
СРЕДНИЙ КРИОАКЧАГЫЛ
СРЕД.ТЕПЛЫЙ АКЧАГЫЛ
ВЕРХНИЙ КРИОАКЧАГЫЛ
ВЕРХНИЙ ТЕПЛЫЙ АКЧАГЫЛ
НИЖНИЙ ТЕПЛЫЙ АПШЕРОН
НИЖНИЙ КРИ(
ВОЗМОЖНО ВЫДЕЛЕНИЕ КЛИМАТОЛИТОВ ПО ДАТАМ РАДИАЦИОННЫХ МИНИМУМОВ БЕЗ НАЗВАНИЯ
ПОЛОЖЕНИЕ БОЛЕЕ ДРЕВНИХ СЛОЕВ НЕ УТОЧНЕНО.
bn СРЕДНЕБОГДАНОВСКАЯ ПОЧВА
a АЙДАРСКИЙ
bn РАННЕБОГДАНОВСКАЯ ПОЧВА
os ОСКОЛЬСКИЙ
СИВЕРСКИЙ
БЕРЕГОВСКАЯ
БЕРЕЗАНСКИЙ
КРЫЖАНОВСКАЯ
ИЛЬИЧЕВ
ФАУНА ХАПРОВСКОГО КОМПЛЕКСА
ШИРИНОЙ ЗАШТРИХОВАННЫХ

и датировки вюрмского (20-83 тыс.лет), рисского (I80-235 тыс.лет), и миндельского оледенений (385-480 тыс.лет), с относительно небольшими вариациями датировок, часто приводятся в литературе. Значительно сложнее обстоит вопрос с установлением датировок гюнцского и дунайского оледенений. В пределах отрезка радиационной шкалы между 500 тыс. лет и 800 тыс.лет, вполне отчетливо устанавливается большое кромерское (гюнц-миндельское) межледниковье. Его хронологические границы (480-795 тыс.лет), хорошо обоснованы Монтфрансом /3I,7/, с помощью палеомагнитных и палеонтологических данных. Внутри этого межледниковья многими исследователями указывались две ледниковые стадии. В отложениях ранней стадии обнаружена палеомагнитная инверсия Брюнес-Матуяма (690 тыс.лет). Очевидно эта инверсия может быть сопоставлена с радиационным минимумом 685 тыс.лет. Следует заметить, что нижняя граница плейстоцена, приуроченная к этой палеомагнитной инверсии, нам представляется не логичной, так как она проводится внутри кромерской межледниковой эпохи. Целесообразнее проводить эту границу по основанию минделя - округленно на уровне 500 тыс.лет. Если же включать кромер в состав плейстоцена, то следует понизить границу плейстоцена до 800 тыс.лет. Ниже кромерского межледниковья, на радиационной кривой выделяется несколько пиков - 800, 850, 970, I060, I090, II75 тыс.лет. В пределах этого отрезка хронологической шкалы обычно выделяют гюнцское оледенение и дунай-гюнцское межледниковье. Так как упомянутые пики минимумов выражены не очень резко, не ясно, с которыми из них, следует связывать гюнцское оледенение. Этим объясняются многочисленные разногласия в определении датировок этого оледенения. Мы принимаем датировки предложенные Монтфрансом (795-860 тыс.лет). В пределах СССР предлагается выделять соответствующую холодную эпоху - верхний криоапшерон. Дунай-гюнцское (ваальское) межледниковье принимается в диапазоне 860-I330 тыс.лет Внутри этого межледниковья, как видно на графике, отчетливо выражено 4 резких минимума. Некоторые исследователи относили пик 970 тыс.лет тоже к гюнцскому оледенению. Несомненно эти минимумы соответствуют значительным похолоданиям или ледниковым стадиям. Они обоз-

начены на графике D-Ggl_I - II75 тыс.лет, и D-Ggl_2 - 970 тыс.лет. Однако, в целом, вся дунай-гюнцская эпоха может рассматриваться как длительное межледниковье, общей продолжительностью около 470 тыс.лет. В СССР предлагается относить ее к среднему теплому апшерону.

В пределах более древней части усредненной кривой ясно выделяются участки с большим количеством пиков и лишенные резких пиков. Поскольку для этих древних эпох имеется еще мало геологических данных, целесообразно выделять здесь лишь крупные климатические ритмы, сопоставляя их с известными геологическими событиями. Так, макроритм состоящий из пяти пиков - I337, I375, I475, I540, I580 тыс.лет отнесен к дунайской - эбуронской эпохе похолодания или оледенения. В СССР эту эпоху предлагается назвать нижним криоапшероном (от I330 тыс. до I585 тыс.лет). Автор полагает, что к подошве криоапшерона (округленно I600 тыс.лет), следовало бы приурочить границу между апшероном и акчагылом. Она, в таком случае, совпадает с верхней границей эпизода нормальной намагниченности Гилза /2I/.

На усредненной кривой особенно отчетливо выделяется спокойное радиационное поле дунай-биберского или тегеленского межледниковья - от I585 тыс. до 2275 тыс.лет, общей продолжительностью 690 тыс.лет, округленно 700 тыс.лет. Мы относим к этому времени верхний теплый акчагыл и нижний теплый апшерон (последний в случае принятия границы между апшероном и акчагылом на уровне I800 тыс.лет).

В пределах от 2275 тыс. до 2485 тыс.лет хорошо выделяется климатический ритм биберского или претегеленского похолодания, который в СССР мы относим к верхнему криоакчагылу. В нем устанавливается 5 радиационных минимумов - 2280, 2320, 2360, 2400 и 2480 тыс.лет. Этот крупный ритм похолодания отделяется от более древнего ритма похолодания ясно выраженной эпохой со спокойным радиационным режимом, соответствующей потеплению или межледниковью - от 2485 тыс. до 2640 тыс.лет. Она может быть названа - средним теплым акчагылом. Ей предшествует ритм похолодания - от 2640 тыс. до 2805 тыс.лет, состоящий из 4-х радиационных минимумов - 2645, 2685, 2765 и 2800 тыс.лет. Мы назвали этот ритм

средним криоакчагылом или ранним бибером.

Эпохе похолодания среднего криоакчагыла предшествует длительная эпоха относительно спокойного радиационного режима - от 2805 тыс. до 3535 тыс.лет, общей продолжительностью 730 тыс.лет. Мы относим ее к нижнему жаркому акчагылу. Вероятно ее можно сопоставить с ревером. Этот макроритм весьма близок к макроритму тегеленского межледниковья, хотя в нем несколько резче выражено несколько стадиальных похолоданий.

До эпохи раннеакчагыльского потепления намечается лишь одна эпоха похолодания от 3535 до 3630 тыс.лет. К ней можно приурочить границу между киммерием и акчагылом. В таком случае эта граница, примерно на уровне 3500-3600 тыс.лет, может быть принята в качестве границы между неогеном и антропогеном.

На прилагаемой климатостратиграфической таблице антропогена, кроме шкалы климатических ритмов и подразделений альпийской и североевропейской стратиграфических шкал, приводятся новые подразделения для стратиграфического расчленения отложений антропогена СССР. Проект этих подразделений разработан членами постоянной комиссии по четвертичной системе при межведомственном стратиграфическом комитете - Е.В.Шанцером, К.В.Никифоровой и И.И.Красновым. Основная цель этой работы заключалась в дополнении общей стратиграфической шкалы (группа, система, отдел, ярус, зона), подразделениями более низких таксономических рангов, необходимых для дробного расчленения отложений антропогена. Так, раздел соответствует подзоне, т.е. плейстоцену, апшерону, акчагылу; подраздел - основным подразделениям четвертичной системы, т.е. нижнему, среднему и верхнему плейстоцену; звено - крупным ледниковым и межледниковым эпохам (т.е. бывш.надгоризонту). Климатолит соответствует отдельным ледниковьям и межледниковьям (бывш.горизонту). Эти нововведения потребовались в связи с разработкой единой общей таксономической шкалы стратиграфических подразделений.

В конце упомянутой таблицы приведена наша интерпретация лессовой шкалы Украинской ССР по М.Ф.Векличу /I/.

Литература

I. Веклич М.Ф. Стратиграфия лессовой формации Украины и соседних стран. Наукова Думка. Киев, 1968.

2. Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. "Наука", М., 1973.

3. Зубаков В.А. Изв. АН СССР сер.геогр. № 6, 1968.

4. Краснов И.И. Теория палеоклиматической ритмичности и ее значение как основы стратиграфии и картирования четвертичных отложений. (Докл. по совокупности работ, представленных на соискание уч.степени д-ра геол-мин.наук) ВСЕГЕИ, Л., 1969.

5. Максимов Е.В. Советская геология № 3, 1966.

6. Максимов Е.В. Проблемы оледенения Земли и ритмы в природе. Изд. "Наука", Л., 1972.

7. Меннер В.В., Никифорова К.В., Певзнер М.А. и др. Изв. АН СССР, сер.геол. № 6, 1972.

8. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебания климата. М.-Л., 1939.

9. Москвитин А.И. Стратиграфия плейстоцена Центральной и Западной Европы. Тр.Геол. Ин-та АН СССР, вып.193, 1970.

10. Москвитин А.И. Бюлл.Комис. по изуч.четв.периода № 37, 1970.

II. Цейнер Ф. Плейстоцен. ИЛ. М., 1963.

I2. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. ДАН т. 182, № 2, 1968.

I3. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. Вековые изменения элементов орбиты Земли и астрономическая теория колебаний климата. Тр. Ин-та теоретич.астрономии, вып.XIУ, Л., 1969.

I4. Шварцбах М. Климаты прошлого. Введение в палеоклиматологию. ИЛ., 1955.

I5. Эйгенсон М.С. Очерки физико-географических проявлений солнечной деятельности. Изд.Львовского Ун-та, 1957.

I6. Эйгенсон М.С. Солнце, погода, климат. Гидрометеоиздат. Л., 1963.

17. Baczak G. Acta Geologica. Budapest, 1955.
18. Bascak G. Die Zeitrechnung des Quartars. Bep.YI Congr.INQUA Warszaw, 1961, vol.1, Lodz, 1965.
19. Beck P. Eclogae Geol. Helvetiae, vol.47,N2, 1954.
20. Cornwall J.W. Prehistoire, Problemes et tendences. Paris,1968
21. Cox A., Doell R.R., Dalrymple G.B. Geol.Soc.London, vol.124, pt.1, N495, 1968.
22. Eberl B. Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. Augsburg, 1930, 436 S.
23. Fairbridge R.W. Amer.Journ. Sci.vol., N1, 1961.
24. Köppen W. und Wegener A. Die Klimate der geologischen Vorzeit Berlin, 1924.
25. Krivan P. Földtani intezet Evkonyoe 43 fuzet 111, 1955.
26. Kukla J. Die zyklische Entwicklung und absolute Datierung der Lösserien, Periglazialzone, Löss und Palaeolithikum der Tschechoslowakei. Edit.Demek J, Kukla J., Brno, 1969.
27. Mesolella K., Matthews R., Wallace S., Broecker S., Thurber D Journ. of Geol., 1969 vol.77, N3.
28. Milankovitsch M. Matematische Klimatlehre und astronomische Theorie der Klimaschwankunden. Bd.1, T.A.Handbuch der Klimatologie. Berlin, 1930.
29. Milankovitch M. Kanon der Erdbestrahlung und seihe Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Edition speciales de l'Acad.royale Serbe, Beograd, 1941.
30. Milankovitsch M. Astronomische Theorie der Klimatschwankungen ihr Werdegang und Wiederhall. Serbische Akad. d.Wissenschaften Monografien, Bd. 280,N3 Beograd, 1957.
31. Montfrans von H.M. Earth and Planetary Science Letters 11 North. Holland Publishisshing Company. 1971.
32. Schwarzbach M. Das Klima der Vorzeit(Eine Einführund in die Paläoklimatologie).11 erweiterte Auflage Verl.Enke Stuttgart 1961.
33. Soergel W. Die Vereisungskurve, Berlin.Verl.Borntraeger, 1937
34. Venzo S. Bolletino della Societa Geologica Italiana vol.LXYI 1947, Fasc,Unico, Roma, 1948.
35. Woerkom A.I. The astronomical theory of climate changes. edit by H.Shapley.Cambridge Mass.1953.
36. Wundt W. Geol.Rundschau 34, 7-8, 1944.
37. Wundt W. Eiszeitalter und Gegenwart,Bd.1, 1951.
38. Zeuner F.E. Dating the Past. London, 1946.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Ф.Ю.ЗИГЕЛЬ
Московский авиационный институт

РИТМИКА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ЕЁ ОТРАЖЕНИЕ В ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

Солнечная активность выражается в комплексе крупномасштабных явлений, охватывающих фотосферу, хромосферу и корону Солнца (пятна, факелы, протуберанцы, хромосферные вспышки и др.). В периоды повышенной солнечной активности усиливается, в частности, пятнообразовательная деятельность Солнца и повышается интенсивность солнечного излучения (электромагнитного и корпускулярного) /8/. Извергнутые из некоторых активных областей Солнца корпускулярные потоки несут с собой "вмороженные" магнитные поля (напряженностью порядка 10^{-4} эрстед), которые вызывают возмущения геомагнитного поля. Влияние солнечной активности на биосферу, впервые установленное в трудах основоположника гелиобиологии А.Л.Чижевского (с 1915 г.), в настоящее время подтверждено множеством работ /1, 2, 3 и др./ и не вызывает сомнений.

Характерной чертой солнечной активности является ее многоритмичность. Кроме ротационного 27-дневного цикла, вызванного прохождением активных областей Солнца через его центральный меридиан, существует иерархия циклов, вызванных, в конечном счете, цикличностью энерговыделения Солнца. Следует подчеркнуть, что эти колебания в энерговыделении из недр Солнца выражаются заметно лишь в явлениях солнечной активности, тогда как интегральное излучение Солнца в целом оставалось практически стабильным за космогоничес-

кие сроки.

Наиболее изучен и ярко выражен как в солнечных, так и в земных явлениях II-летний цикл. Не вызывает сомнений реальность 5-6 летнего "половинного" цикла, открытого в 1953 г. М.С.Эйгенсоном /4/. "Удвоенный" 22-летний цикл проявляется, в частности, в циклическом изменении полярности магнитного поля солнечных пятен. Заподозренный еще в прошлом веке "утроенный" брикнеров 33-летний цикл, выраженный в некоторых геофизических явлениях, в настоящее время получил убедительные эмпирические основания /4/. Столь же реален и "вековой" 80-90 летний цикл /5/, который можно рассматривать, как семи-восьмикратный по отношению к основному II-ти летнему циклу (рис. I). Все перечисленные циклы (кроме брикнерова) выражены и в солнечных и в земных явлениях. Поиски астрофизических проявлений брикнерова цикла пока не привели к однозначному результату.

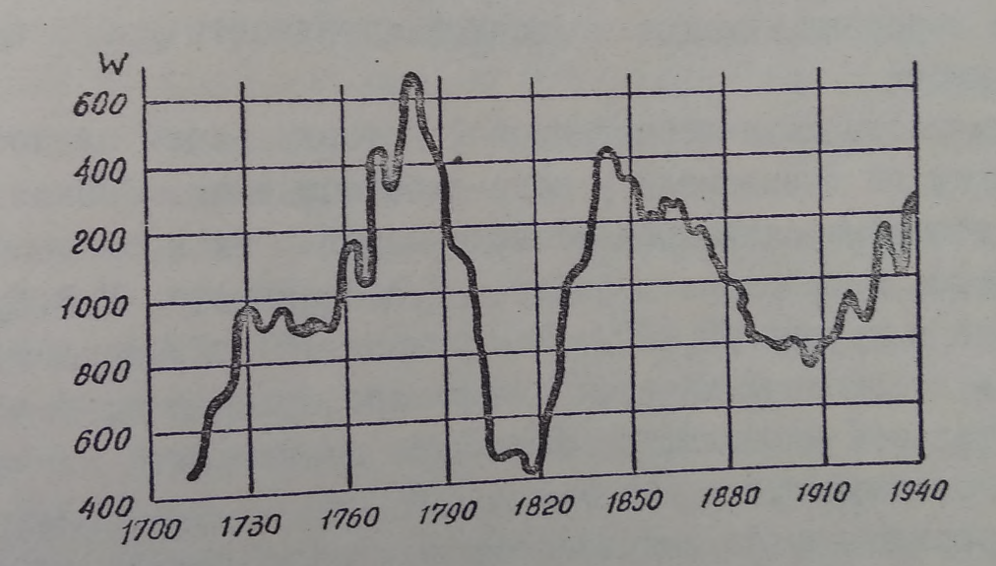


Рис. I. Многоритмичность солнечной активности. По горизонтальной оси отложены годы, по вертикальной - числа Вольфа (W), характеризующие уровень солнечной активности. На "вековых" волнах видна "рябь" - II-летний цикл.

Колебания блеска комет, как показано в работах О.В. Добровольского, связаны с солнечной активностью и в этих колебаниях удалось установить 600-летнюю цикличность. В ряде работ предприняты попытки найти в геофизических и сол-

нечных явлениях следы "промежуточных" циклов (44-х летне-го, 300-летнего и др.), но результаты этих работ по меньшей мере дискуссионны /4/.

Влияние солнечной активности на различные геофизические явления (погоду, климат, вулканизм, тектонику земной коры и др.) можно считать эмпирически достаточно обоснованным. В работах М.С.Эйгенсона /4/, Э.Р.Мустеля /2/ и многих других исследователей показано, что интенсификация солнечной активности усиливает меридиональный массо- и теплообмен между полярными и экваториальными областями земного шара, ускоряет взаимообмен вещества и энергии между внешними геосферами. В периоды повышенной солнечной активности меридиональный барический градиент возрастает, что приводит в среднем к потеплению климата. Наоборот, снижение солнечной активности приводит к росту меридионального термического градиента и, как следствие, к похолоданию климата /4/. Сказанное верно для циклов солнечной активности любой продолжительности.

Цикличность хода геологической истории нашей планеты - факт, вряд ли вызывающий у кого-либо сомнения. Многоритмичность геологических процессов, охватывающих космогонические сроки, прослежена в работах В.Д.Наливкина, Г.Ф.Лунгерсгаузена и других /9, 10/. Как показал Г.Ф.Лунгерсгаузен /2/, в отложениях, начиная с верхнего архея и до неогена включительно, наблюдаются ритмы или циклы самой различной продолжительности (от 5-6 до 180-200 млн.летнего). В этой иерархии циклов встречаются не только циклы, явно обусловленные солнечной активностью (например, 11-летний, Бриклеров, вековой и др.), но и циклы огромной протяженности (тысячи и миллионы лет), не подмеченные пока по этой причине в астрофизических явлениях. Следовательно, солнечная активность в ее известных ныне формах действовала на протяжении всей геологической истории. Так как в ритмике отложений отражены прежде всего колебания климата в прошлом Земли, есть основания полагать, что все циклы, найденные в "геологической летописи" Земли, вызваны колебаниями солнечной активности /4/. Таким образом, солнечная активность проявляла себя на протяжении всей истории Земли, как многоритмичный процесс, выраженный в иерархии

циклов, из которых далеко еще не все обнаружены.

Происхождение колебаний солнечной активности пока неясно. Попытки связать эту ритмику с приливными воздействиями планет на Солнце несостоятельны не только из-за ничтожной амплитуды солнечных приливов, но и потому, что подавляющему большинству циклов не соответствуют периоды обращения каких-либо планет. Наиболее убедительна гипотеза М.С.Эйгенсона /4/, объясняющая многоритмичность солнечной активности, как гармонические колебания в энерговыделении Солнца, вызванные миллиарды лет назад возникновением в недрах Солнца и поныне действующего цикла ядерных реакций. С этой точки зрения все известные нам циклы солнечной активности есть гармоники высшего порядка по отношению к фундаментальному, основному колебанию продолжительностью в сотни миллионов или даже в миллиарды лет. В этом случае данные палеоклиматологии получают объяснение с единой точки зрения и отпадает надобность в разнородных и физически необоснованных гипотезах об иных космических причинах колебаний климата (изменение наклона земной оси, прохождение через облака космической пыли и т.п.).

Периодизация эволюции биосферы, по-видимому, отражает не только цикличность изменения климата, но и аналогичные циклы, наблюдаемые в процессах горообразования, перестройке структуры нашей планеты, в трансгрессиях и регрессиях, подчас весьма значительных даже в глобальных масштабах. Разделение палеонтологической летописи на эры и периоды вызвано тем, что границы этих временных интервалов отмечены радикальными изменениями климата и структуры поверхностных слоев нашей планеты. Как справедливо отмечает П.В.Флоренский /3/, "к регрессиям и горообразованию приурочены главные этапы видообразования и коренного обновления флоры и фауны планеты; в частности, возникновение человека произошло во время четвертичного оледенения". Влияние климата на эволюцию биосферы рассмотрено также в монографии М.И.Будыко /II/.

Так как колебания климата связаны с изменениями солнечной активности, то и периодизация палеонтологической летописи, по-видимому, имеет в конечном счете ту же причину. Разумеется, эволюция биосферы совершается по особым, прису-

щим ей биологическим законам и не солнечная активность является причиной биологической эволюции. Но эта активность, судя по всему, меняя климат Земли, периодически создает кризисные ситуации, стимулирующие очередной скачок в эволюции биосферы. Солнечная активность выступает здесь в роли "спускового механизма" - роли не решающей, но существенной. Солнце не только энергетически обеспечивает эволюцию биосферы, но и "модулирует" ход этой эволюции. Не исключено, как это считает А.И.Ильченко /3/, что солнечная активность непосредственно влияет на генетический аппарат живых организмов, вызывая наследуемые изменения в генетических структурах. Если это так, то роль солнечной активности в эволюции биосферы еще более существенна, чем это представляется нам сегодня.

Циклы солнечной активности - это не точные периоды. Они получаются при обработке достаточно представительных статистических данных и верны в среднем. Этим вызваны многочисленные отклонения от строгой периодичности во всех солнечных циклах, что, конечно, нисколько не дискредитирует реальность этих циклов.

С другой стороны, предлагаемая единая схема объяснения периодизации геологической и палеонтологической летописей влиянием солнечной активности пока может рассматриваться лишь как гипотеза, хотя и весьма вероятная, но нуждающаяся в дальнейшем обосновании и разработке. Эта гипотеза может превратиться в стройную теорию лишь совместным трудом астрофизиков, геологов, биологов и палеонтологов. Но конечная цель достаточно соблазнительна, чтобы оправдать любые усилия.

Литература

1. "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли" Сб-к статей, "Наука", 1971
2. "Земля во Вселенной", "Мысль", 1964
3. "Солнце, электричество, жизнь", изд. МОИП, сб-к I 1969, сб-к П 1972
4. Эйгенсон М.С. "Очерки физико-географических проявлений солнечной активности", Львов, 1957.
5. Рубашев Б.М. "Проблемы солнечной активности", "Наука", 1964

6. Витинский Ю.И. "Прогнозы солнечной активности", Изд. АН СССР, I963.
7. Витинский Ю.И. "Солнечная активность", "Наука", I969
8. "Географический сборник", ХУ, изд. АН СССР, I962.
9. "Проблемы планетарной геологии", М., I963.
10. Будыко М.И. "Климат и жизнь", Гидрометеоиздат, I97I

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ

П.А.КОРЖУЕВ
Институт эволюционной морфологии
и экологии животных АН СССР

ГРАВИТАЦИЯ КАК ОДИН ИЗ МОЩНЫХ ФАКТОРОВ ЭВОЛЮЦИИ

До самого последнего времени роль сил гравитации в эволюции жизни на нашей планете игнорировалась биологами. В качестве факторов внешней среды, оказывающих влияние на организмы животных и растений, учитывались лишь температура, свет, влажность, пониженное парциальное давление кислорода в атмосфере, тогда как роль сил земного притяжения оставалась вне поля зрения биологов.

Первым, кто обратил внимание на роль сил гравитации, как фактор, оказывающий влияние на живых организмов, был наш соотечественник - К.Э.Циолковский /8/. В последующем имели место высказывания самого общего плана о роли сил гравитации, как фактора, определяющего размеры организма животных.

Однако конкретные пути воздействия сил гравитации на организм животных оставались неизвестными. В отношении позвоночных животных нами впервые были вскрыты конкретные пути воздействия сил гравитации на организм позвоночных животных /I-7/.

Изучение особенностей крови в сравнительно-физиологическом плане показало необходимость учета и количественно-качественной характеристики кроветворных органов, вырабатывающих форменные элементы крови и, следовательно, синтезирующих дыхательный белок - гемоглобин, основной белок, осуществляющий доставку кислорода клеткам и тканям тела многоклеточных животных.

Сравнение экспериментальных данных по количественно-качественным особенностям крови и ее компонентов - эритроцитов и гемоглобина в первую очередь, наряду с количественно-качественной характеристикой кроветворных органов, как очагов синтеза гемоглобина и образования эритроцитов у различных представителей позвоночных животных, показало, что первичноводные позвоночные - рыбы, обладают малым количеством крови, малым количеством гемоглобина, тогда как наземные позвоночные животные имеют значительно больше крови и гемоглобина.

Обеспеченность организма гемоглобином

Поскольку сравниваемые животные резко различаются не только по систематическому положению, но и по величине организма, мы применили способ сравнения, при котором имеется возможность сравнивать между собой организмы любой величины, начиная от землеройки, весящей 2,5-3,0 грамма до гиганта-кита, весящего I00 тонн и более. Суть этого способа состоит в том, что мы рассчитываем обеспеченность организма дыхательным белком - гемоглобином, выражаемую в количестве граммов гемоглобина, приходящегося на килограмм веса тела животного даже, если это животное никогда не достигает в действительности такого веса, как это имеет место в случае мелких животных (среди птиц - колибри - весом 2,5-3,0 грамма и среди млекопитающих - землеройки такого же веса).

Чтобы получить такие данные, необходимо определить у животного общее количество крови в организме, определить концентрацию дыхательного белка - гемоглобина в крови, рассчитать общее количество гемоглобина в сосудистом русле и после этого рассчитать - сколько же приходится граммов гемоглобина на килограмм веса тела животного.

И вот, когда этого рода экспериментальные данные были получены для различных представителей позвоночных животных - первичноводных и наземных, а также и вторичноводных - оказалось, что обеспеченность организма гемоглобином у представителей разных групп животных резко различна.

Среда	Животные	Число видов	Скелет %	Кровь %	Гемоглобин г - кг
Водные	Хрящевые рыбы	3	7,0	2,0	I,I
	Костистые рыбы	20	8,5	2,9	I,8
Наземные	Амфибии	4	II,4	5,6	3,6
	Рептилии	5	I4,0	5,8	3,8
	Птицы	20	I4,3	9,7	I0,2
	Млекопитающие	I8	I4,2	7,5	I2,I

Приведенные цифры, характеризующие основные параметры крови и гемоглобина, равно как и веса скелета, как основного очага кроветворения и синтеза дыхательного белка у наземных позвоночных животных - гемоглобина, показывают, что первичноводные позвоночные - рыбы костистые и хрящевые - обладают меньшим количеством крови и гемоглобина, тогда как переход на сушу вызывает резкое увеличение общего количества крови и гемоглобина, достигающее у высших представителей позвоночных (птиц и млекопитающих) пяти- и шестикратных величин по сравнению с первичноводными позвоночными.

Гравитация как фактор возникновения кроветворной функции скелета

Почему освоение суши позвоночными животными привело к резкому увеличению основных параметров крови по сравнению с первичноводными позвоночными - рыбами костистыми и хрящевыми? Первое объяснение, которое напрашивалось, состояло в том, что рыбы являются животными более примитивными, менее совершенными, а наземные позвоночные - являются филогенетически более молодыми, а потому более совершенными по сравнению с первичноводными позвоночными, обладающими более высокой активностью, подвижностью.

Детальный анализ этого объяснения показал, однако, что это объяснение не выдерживает критики, прежде всего потому, что нет объективных данных, дающих основание утверждать - какое животное является более совершенным и какое - менее совершенным. В самом деле, так называемые "менее совершенные"

животные - рыбы не уступают, например, высшим представителям позвоночных животных - млекопитающим - в скорости передвижения. Если назвать самых быстроходных представителей млекопитающих, как высших представителей среди наземных позвоночных, то дикая кошка - гепард стоит на первом месте. Она способна развивать скорость, равную 110 км в час, правда в течение очень ограниченного времени (в течение 20 секунд). Антилопа Сайгак развивает скорость до 70 км в час, лошадь - до 60 км в час. Среди птиц - стрижи достигают скорости 150 км в час, среди насекомых - саранча - до 90 км в час - это летающие формы.

Рыбы, как водные позвоночные, способны развивать скорость до 130 километров в час: этой способностью обладает меч-рыба. Видимо, немного ей уступают тунцы и другие. Дело, однако, в принципе. Рыбы, относимые к группе филогенетически наиболее древних представителей позвоночных, и менее "совершенных" с точки зрения некоторых биологов, нисколько не уступают в способности развивать максимальные скорости передвижения в водной среде, хотя обладают меньшими возможностями, с точки зрения наземных позвоночных животных. Ведь обеспеченность организма гемоглобином, что является косвенным индикатором, свидетельствующим об уровне энергетики организма, у рыб в 5-6 раз меньше, чем у филогенетически более молодых, высших представителей позвоночных - птиц и млекопитающих. Следовательно, рыбы - это не "менее совершенные" низшие представители позвоночных, а животные, способные решать те же задачи, что и их "высшие" собратья, но только во много раз более экономичными способами. Естественно, что в этом случае говорить о несовершенстве этой группы позвоночных - нет никаких оснований.

Тогда возникает вопрос - а почему же они способны достигать тех же самых эффектов, но со значительно меньшими затратами? Детальный анализ относящихся сюда экспериментальных данных показывает, что единственным объяснением является различный эффект действия сил гравитации в водных и наземных условиях.

Гравитационное поле Земли, естественно, проявляет себя и в водных и наземных условиях, о чем свидетельствуют факты

о пребывании людей на подводных лодках и батискафах, а на суше каждый из нас испытывает на себе действие этих сил. И тем не менее, когда мы купаемся, мы замечаем, в полном соответствии с законом Архимеда, что в воде нам значительно легче передвигаться, чем на суше, особенно при выходе из воды.

Оказывается, что в водной среде организмы, благодаря высокой плотности воды, как бы взвешены, а следовательно, им не приходится затрачивать энергию на поддержание собственного тела, в отличие от их наземных собратьев. Ведь даже такой гигант животного мира, как кит, имеет удельный вес в воде, равный всего лишь I,028, то есть практически взвешен в воде и для того, чтобы нырять на нужную глубину, он должен это делать на полувыдохе, иначе он не сможет погрузиться в воду. Недаром же, когда китам приходится попадать в неблагоприятные условия и они выбрасываются на сушу, то гибнут от собственной тяжести.

Вот это принципиальное различие в поведении животного в воде и на суше и послужило отправной точкой в исследованиях о выявлении конкретных путей воздействия сил гравитации на организм позвоночных животных, начатых нами более I5 лет тому назад. Исходными данными при этом оказались результаты наших исследований об обеспеченности организма дыхательным белком - гемоглобином, дающим возможность судить хотя и косвенно, об уровне энергетики организма. Как это показано было ранее, оказалось, что рыбы, как первичноводные животные менее обеспечены гемоглобином, чем наземные животные.

Примечательным фактом оказалось и то, что очагами синтеза гемоглобина у рыб, как первичноводных животных, являются полостные органы - селезенка и почки, тогда как у наземных животных, особенно у высших представителей - птиц и млекопитающих - скелет, в виде его костномозговой части, именуемой костным мозгом. Почему произошла замена очагов синтеза гемоглобина и образования эритроцитов, как носителей этого гемоглобина, почему природа отказалась от более простого и на первый взгляд более экономичного способа интенсификации деятельности той же селезенки или почек при переходе позвоночных животных на сушу?

Оказалось, что дело не только в том, что интенсификация деятельности селезенки и почек могла бы оказаться не очень благоприятной для организма рыб в связи с резким увеличением объема самих органов - почек и селезенки - чисто механически, поскольку это могло бы отразиться на нормальном функционировании других полостных органов, но и в том, что деятельность этих органов не смогла быть достаточно эффективной в наземных условиях. Дело в том, что в наземных условиях нагрузка на различные отделы скелета бывает неодинаковой в связи с необходимостью преодоления сил гравитации при передвижении животного. Это значит, что и почки и селезенка, как полостные органы не смогли бы нормально функционировать и синтезировать нужное количество гемоглобина в связи с резко усложнившимися условиями наземной жизни.

В этих условиях наиболее эффективно могут функционировать лишь очаги синтеза гемоглобина, локализованные в самом скелете, как системе органов, принимающих на себя основную тяжесть преодоления сил гравитации в наземных условиях, где их деятельность может регулироваться автоматически в зависимости от нагрузки на тот или иной отдел скелета.

Это означает также, что при освоении суши первыми выходцами на сушу среди позвоночных животных скелет обрел новую функцию - он стал новым очагом кроветворения, очагом синтеза дыхательного белка - гемоглобина. Мы подчеркиваем, что именно скелет обрел гемопоэтическую функцию, а не костный мозг, как об этом говорится в учебниках анатомии и гистологии. Костный мозг - это всего лишь органическая составная часть скелета, выделять которую в самостоятельный орган нет никаких оснований.

Вот эта гемопоэтическая функция скелета оказала решающее влияние на всю эволюцию наземных позвоночных животных, которую, однако, недооценивали и не дооценивают до сих пор биологи и палеонтологи.

Проблема переразвития органов

До сих пор и биологи и палеонтологи рассматривают скелет лишь как каркас, определяющий форму организма и систему рычагов для передвижения животного. Новую же функцию, обретенную в наземных условиях, именно гемопоэтическую функцию скелета, до сих пор игнорируют при анализе особенностей формы организма как у современных животных, так и у животных, живших в разные геологические эпохи.

Игнорирование этой новой функции скелета, возникшей в период выхода на сушу первых представителей позвоночных животных, получившей в дальнейшем мощное развитие, особенно у птиц и млекопитающих, привело к ряду неверных выводов, касающихся особенностей эволюции наземных позвоночных животных.

В частности, тезис о переразвитии органов, которые якобы были причиной вымирания целых групп животных, находится в явном противоречии с имеющимися фактами. В частности, считается, что переразвитие рогов четвертичного гигантского оленя, равно как и наличие мощного скелета у гигантских рептилий мезозоя, является одной из причин вымирания этих групп животных. И среди современных животных имеется группа с мощно развитыми рогами, биологическое значение которых остается неясным. Это высокогорные бараны и козлы. Не имел объяснения и факт наличия более тяжелого скелета у плодов млекопитающих накануне рождения по сравнению с относительным весом скелета материнского организма.

Если признать наличие гемопоэтической функции скелета позвоночных животных, то все перечисленные факты получают убедительное объяснение, как и самый факт возникновения гемопоэтической функции скелета в момент освоения суши первыми выходцами на сушу среди позвоночных животных. О мощности гемопоэтической функции скелета высших представителей позвоночных животных - птиц и млекопитающих - можно судить хотя бы потому, что на долю кроветворной части скелета приходится от 30,0 до 45,0% веса скелета и около 5-7% веса тела, тогда как на долю собственно костной части приходится 55-70% веса скелета.

Способ передвижения животных, как форма преодоления гравитации

Оказывается, что максимальное количество костномозговой фракции по отношению к целому весу скелета свойствен наиболее активным и подвижным представителям среди млекопитающих, наименьшее количество - самым пассивным, в смысле подвижности, представителям позвоночных животных. У прекрасного скорохода, северного оленя, количество костного мозга достигает 45% веса скелета и 5-7% веса тела, а у мало подвижной морской свинки менее 20% веса скелета и менее одного процента веса тела. На этом основании нами был выдвинут тезис, согласно которому все способы передвижения животных, в первую очередь наземных позвоночных, представляют собой не что иное, как способы преодоления сил гравитации, требующие в каждом отдельном случае особых затрат энергии.

Тем самым, силы гравитации предстают как один из самых мощных факторов, определяющих эволюцию наземных позвоночных животных. До сих пор морфологи лишь систематизировали различные способы передвижения наземных позвоночных животных, не давая объяснения этим различным способам передвижения.

С нашей точки зрения эти разнообразные способы передвижения предстают как разные способы преодоления сил гравитации и, таким образом, появляется возможность количественной характеристики тех затрат, которые применяются для преодоления этих сил гравитации.

Еще один аспект биологической роли скелета вырисовывается с нашей точки зрения. Мы привыкли смотреть на скелет, как на систему органов весьма консервативную, практически не реагирующую на воздействия внешней среды, тогда как в действительности скелет является, по-видимому, наиболее реактивной системой организма.

Предки вторичноводных млекопитающих были наземными формами. С нашей точки зрения скелет водных млекопитающих должен быть более легким, чем скелет их наземных собратьев. Соответствующие исследования, проведенные нами,показали, что относительный вес скелета черноморских дельфинов и каспийского тюленя оказался в два-три раза легче, чем скелет наземных млекопитающих.

Гемопоэтическая функция скелета - основное условие появления млекопитающих

Ранее упоминалось, что относительный вес скелета млекопитающих в период внутриутробного развития является в двa-три раза более тяжелым, чем вес скелета материнского организма. Оказалось, что резкое повышение веса скелета является своего рода адаптацией к специфическим условиям внутриутробного развития, когда организм матери является специфической внешней средой для развивающегося плода, что повышение веса скелета осуществляется за счет кроветворной части скелета - его костно-мозговой фракции, которая у новорожденного северного оленя достигает 60% веса скелета! Это значит, что без гемопоэтической функции скелета было бы невозможно появление млекопитающих животных, что это единственная возможность, которая могла гарантировать нормальное развитие бурно развивающегося плода, изолированного от внешней среды и получающего кислород лишь через организм матери. Ведь все остальные представители позвоночных животных характеризуются внеутробным типом развития. Некоторые эксперименты природы у рыб, рептилий принципиально отличаются от внутриутробного типа развития млекопитающих, ибо у них яйцеклетка получает все необходимое в виде "сухого пайка", тогда как у млекопитающих все необходимое плод получает непосредственно из организма матери, не имея никаких резервов.

Силы гравитации как фактор эволюции

Обоснование тезиса о силах гравитации, как одном из самых мощных факторов эволюции позвоночных животных, предполагало, что силы гравитации или гравитационное поле Земли оставалось на протяжении всей эволюции, по крайней мере наземных позвоночных животных, постоянным. Однако появляются сведения, свидетельствующие о том, что гравитационное поле Земли не является величиной постоянной, а меняется в значительных пределах.

Эти новые представления, обосновывающиеся определенными аргументами, естественно, следует учитывать при характерис-

тике роли сил гравитации в эволюции наземных позвоночных животных. Ведь многое из того, что прежде объяснялось факторами чисто земными, возможно лучше будет понять, если принять во внимание внеземные космические факторы, которые могли оказать резкое влияние и на гравитационное поле нашей планеты. Одним из таких представлений является точка зрения, согласно которой гравитационное поле Земли меняется в зависимости от положения нашей солнечной системы в нашей Галактике.

Поскольку Солнце и планеты, входящие в солнечную систему, вращаются вокруг центра нашей Галактики по эллипсовидной кривой, постольку скорость движения солнечной системы, в том числе и нашей планеты, будет неодинаковой, а тем самым и гравитационное поле Земли будет меняться.

Исходя из того, что сроки вращения Солнца и солнечной системы вокруг центра Галактики считаются равными примерно 200 миллионам лет, представляется возможность сопоставить основные этапы истории органического мира нашей планеты с положением Солнца и его планет на различных участках этого эллипсовидного пути. Такое сопоставление дает основание считать, что некоторые критические периоды в истории органического мира Земли совпадают с определенными отрезками эллипсовидного пути, проходимого солнечной системой. И, не исключено, что резкое изменение гравитационного поля Земли и послужило причиной гибели целых групп животных, в частности, гигантских представителей рептилий мезозоя.

По-видимому, как резкое усиление гравитационного поля Земли, так и его резкое ослабление, не могут быть безразличными для организмов, населяющих нашу планету. В наш век, характерной особенностью которого является начало освоения Космоса, мы сталкиваемся с другой особенностью, когда человек и животные будут иметь дело с невесомостью, то есть практически с устранением влияния сил гравитации. Эти принципиально новые условия, с которыми живые организмы не встречались на протяжении всей своей эволюции, будут иметь место в длительных космических полетах, порядка многих месяцев и лет. Имеющиеся в нашем распоряжении факты, хотя пока и немногочисленные, дают основание предполагать, что устранение гравитационного поля будет таким же опасным, как и

его резкое усиление, что длительная невесомость - это вовсе не безобидный фактор, к которому можно адаптироваться, а наоборот, от которого надо будет защищаться.

Литература

1. Коржуев П.А. Успехи современной биологии, 39, 2, 1955, 153.
2. Коржуев П.А. Труды конференции авиационной и космической медицины., М., 1963.
3. Коржуев П.А. Успехи современной биологии, 60, 2(5), 1965, 271.
4. Коржуев П.А. Журнал общей биологии, 29, 5, 1968, 587.
5. Коржуев П.А. Успехи современной биологии, 72, 3(6), 1971, 391.
6. Коржуев П.А. Эволюция, гравитация, невесомость. "Наука", М., 1971г.
7. Коржуев П.А. Сб. "Населенный космос". 1972, "Наука", М., 133.
8. Циолковский К.Э. Сб. "Путь к звездам". 1961, Из-во АН СССР, М.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 616-036.882-08+576.12+572.5/7

П.В.ВАСИЛИК
Кибернетический центр АН СССР

ГЕОМАГНИТНАЯ ГИПОТЕЗА АКСЕЛЕРАЦИИ И НЕКОТОРЫЕ ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

За последние десять лет получены некоторые интересные результаты в области магнитобиологии. Было показано, что при значениях напряженности магнитного поля в I,I-30 э статистически достоверно уменьшается диаметр бластодермы развивающихся эмбрионов курицы, появляются отклонения в развитии нервной системы /I/. Постоянное магнитное поле напряженностью 250 э, действуя на белых крыс во второй половине беременности, замедляло рост и физическое развитие крысят. У них позднее прорезывались зубы, позже, чем в контроле, открывались глаза, медленнее увеличивался вес /2/. С другой стороны, очень слабое магнитное поле ускоряло рост и развитие подопытных мышей. В почти безмагнитных условиях мыши достигали больших размеров, раньше созревали и выводили потомство /3/. Получается, что с помощью искусственных магнитных полей можно замедлять или ускорять темп индивидуального развития животных. Обладает ли подобным биологическим действием магнитное поле Земли (МПЗ), в условиях которого миллионы лет формировались и развивались живые существа?

Акселерация физического типа человека и геомагнитное поле в голоцене

Поиски ответа на этот вопрос могут вестись в разных направлениях. Согласно с современными представлениями о связи онто- и филогенеза, изменение и образование морфологических

признаков взрослых особей может происходить путем изменения скорости протекания онтогенеза /4,5/. Поэтому тенденция изменений морфологических признаков позволяют судить о характере изменений онтогенеза. Одно из направлений поисков предполагает сравнение хронологически последовательных серий остатков ископаемых организмов и сопоставление построенных кривых изменений морфологических признаков с кривыми изменений МПЗ. По-видимому, морфологическая изменчивость человека изучена лучше, чем изменчивость большинства млекопитающих. Поэтому естественно обратиться к анализу изменений признаков человека и элементов МПЗ за одни и те же промежутки времени. В этом направлении проделана некоторая работа и опубликованы первые результаты /6-I0/.

В качестве примера хронологически последовательных серий могут быть рассмотрены краниологические серии, полученные при археологических раскопках на территории Украины. В таблице I приведены усредненные характеристики краниометрических признаков серий черепов, которые приводятся в работе Т.С.Кондукторовой /II/. Рядом с наименованием признака в скобках приведен его номер по Мартину. Для соотнесения со значениями магнитного момента Земли в таблице приведена графа условной привязки серий к столетиям. В отдельной графе приведены значения магнитного момента Земли, соответствующие условным датам серий, полученные из работы Смита /I2/. Рядом со значением признака в скобках указано количество черепов в серии.

Рассматривая ряд значений каждого из краниологических признаков, можно заметить, что он проходит максимум в четвертом тысячелетии до н.э., постепенно уменьшается с течением времени, достигает минимума где-то в У-Х веке н.э. и затем опять увеличивается. Изменения магнитного момента Земли направлены противоположно: минимум в четвертом тысячелетии до н.э., затем постепенное нарастание, максимум в У веке н.э. и затем уменьшение. Расчет коэффициентов корреляции краниологических признаков с магнитным моментом Земли дает следующие значения: для длины основания черепа $r = -0{,}74 \pm 0{,}11$; для наименьшей ширины лба $r = -0{,}79 \pm 0{,}09$; для высотного диаметра $r = -0{,}67 \pm 0{,}14$; для длины

Таблица I. Изменение некоторых краниологических признаков на сериях с территории Украины

№ пп.	Признак	Неолит Надпорожья 4 тыс. до н.э.	Ранняя бронза /ямная/ 3 тыс. до н.э.	Средняя бронза /катакомбная/ 2тыс.до н.э.	Поздняя бронза /срубная/ конец 2-начало I тыс.до н.э	Скифы УП-Ш вв. до н.э./степная полоса/	Скифское время УП-Швв. до н.э. /лесостепная полоса/
I.	Длина основания черепа/5/	I09,4/44/	I03,5/I0/	I06,0/I0/	I06,0/22/	I05,9/22/	I04,3/20/
2.	Наименьшая ширина лба/9/	IOI,4/92/	98,9/34/	98,0/55/	97,6/33/	97,2/38/	96,9/22/
3.	Высотный диаметр /I7/	I43,7/86/	I36,8/32/	I3[illegible]/44/	I37,2/32/	I33,9/2I/	I38,3/I2/
4.	Длина основания лица /40/	I03,2/40/	I00,2/9/	IOI,[illegible]/20/	98,4/II/	97,I/I8/	96,5/I0/
5.	Условная привязка к столетию	XXXУ	XXУ	XУ	IX	У	IУ
6.	Геомагнит.дипольный момент ×10^25 ед.CGS	4,0	9,0	9,0	9,5	I0,I	I0,2

№ пп.	Сарматы Шв.до н.э. - IУв.н.э.	Поздние скифы Пв. до н.э.-Шв. н.э. Золотая Балка	Поздние скифы П в.до н.э. Шв. н.э. Неаполь Скифский	Поля погребений /Черняховская культура/ Ш-У вв.	Салтовский могильник УШ-Х вв.	Поляне УШ-Х вв.	Зливкинский могильник УШ-XI вв.	Каменский могильник Х-ХП вв.	Поздние кочевники XI-XУвв.
I.	I04,9/I3/	I0I,0/35/	I02,I/69/	I03,5/45/	I04,2/2/	I0I,6/I20/	I00,2/II/	I02,2/25/	I02,3/35/
2.	97,8/27/	96,I/45/	97,I/III/	95,I/75/	96,9/83/	95,9/I40/	94,4/I4/	96,9/30/	98,0/36/
3.	I35,8/24/	I34,6/37/	I36,7/73/	I37,6/47/	I36,4/34/	I35,I/I30/	I34,0/II/	I32,0/25/	I34,I/40/
4.	96,0/I3/	95,7/2I/	96,I/50/	97,5/4I/	97,9/28/	97,7/97/	95,7/II/	99,5/25/	99,8/30/
5.	I	II	Ш	У	IX	X	XI	XП	XШ
6.	II;0	II,4	II,75	I2,4	II,4	II,2	II,05	I0,85	I0,7

основания лица r = - 0,72 ± 0,12. Вероятность коэффициентов корреляции выше 0,99. Такое сопоставление позволяет обнаружить обратную частичную корреляционную связь между изменением магнитного момента Земли и изменением некоторых краниологических признаков на протяжении пяти тысячелетий. Влияние МПЗ на темп индивидуального развития вряд ли характеризуется прямолинейной связью, поэтому расчет корреляционных отношений может помочь обнаружить более сильную связь.

Предполагается, что ослабление приведенных краниологических признаков является следствием замедления онтогенеза или ретардации, а усиление признаков происходит в результате ускорения онтогенеза или акселерации. Сравнение вычисленных значений длины тела древнего населения Украины с изменением магнитного момента Земли подтверждает это предположение /10/. В эпохи, когда магнитный момент уменьшается, наблюдалось увеличение длины тела, т.е. имело место одно из проявлений акселерации, и наоборот, при увеличении магнитного момента Земли наблюдалось уменьшение длины тела.

Некоторые исследователи выводят обобщенные характеристики антропологического типа населения. К.Рот-Лутра характеризовал антропологический тип краниологических серий Европы II-членной дискриминантной функцией D_{11}. Эта функция позволяет определить положение серии черепов между двумя полюсами. Один из полюсов антропологического типа эвридолихоморфный (кроманьоидный), другой - лептодолихоморфный (средиземноморский). На рис.I приведена кривая изменения антропологического типа населения Европы D_{11}, построенная по данным таблицы I работы К.Рот-Лутра /13/. Пунктиром проведена кривая изменения магнитного момента Земли за те же четыре тысячи лет. Из рисунка видно, что до середины четвертого тысячелетия до н.э. показатель антропологического типа D_{11} уменьшается. Это означает, что население Европы в то время постепенно изменялось в сторону лептодолихоморфного, т.е. узколицего, по лицевому указателю, типа. В середине четвертого тысячелетия наступает перелом и население Европы уже меняется в сторону эвридолихоморфного или широколицего типа. Ход кривой антропологического типа почти повторяет кривая изменений магнитного момента Земли.

По указателю лицевого скелета высокорослые индивидуумы более узколицы /I4/, т.е. лептоморфны. Поэтому изменение антропологического типа в сторону лептодолихоморфного до середины четвертого тысячелетия можно рассматривать как косвенное указание на проявление процесса акселерации. После середины четвертого тысячелетия направление хода МПЗ изменилось. Меняется и направление антропологических изменений: относительно узколицее высокорослое население Европы постепенно меняется в сторону относительно широколицего и, вероятно, более низкорослого.

Изменение размеров лося и геомагнитное поле в голоцене

Геомагнитная гипотеза акселерации позволяет допускать, что виды животных также подвержены периодам акселерации и ретардации, обусловленным изменениями МПЗ. К.Л.Паавер опубликовал результаты изучения вековой изменчивости популяций некоторых млекопитающих Прибалтики в голоцене /I5,I6/. Костный материал для измерений был получен в основном из нескольких стоянок, возраст пластов которых определялся радиокарбоновым методом. При анализе вековой изменчивости прибалтийского лося для сравнения были использованы данные В.И.Цалкина /I7/ о размерах костей лося из средневековых памятников Латвии. Таким образом, было получено пять групп измерений (по пять точек на оси времени для отдельных признаков), которые позволили судить о вековых изменениях морфологических признаков лося. На основании этих данных К.Л. Паавер предложил схематическую кривую вековой изменчивости прибалтийского лося. Схематическую кривую вековых колебаний размеров лося он сравнил с кривыми средних июльских и годовых температур в голоцене (рис.2). Раннеголоценовый лось обладал значительными размерами, в среднем голоцене при наиболее высоких средних температурах происходит заметное уменьшение его размеров, а в позднем голоцене, после ухудшения климата, размеры лося вновь увеличиваются.

К.Л.Паавер отмечает, что изменение размеров тела у лося и некоторых других видов млекопитающих может быть связано

прежде всего со сдвигами в климате Северной Европы на протяжении последних десяти тысяч лет /I6/. Не отрицая влияний климата на рост и развитие животных (правило Бергмана), можно все же усомниться в том, что климат был ведущим фактором вековых изменений размеров млекопитающих. Так, В.Е.Гарутт построил график изменения с течением времени размеров передних конечностей сибирских мамонтов /I8/. Его кривая воспроизводит температурную кривую: самыми крупными размерами обладали мамонты, существовавшие в период, соответствующий теплому геттвейгскому межстадиалу Европы, а в периоды понижения температуры размеры мамонтов уменьшались. Здесь влияние климатического фактора противоположно тому, которое предполагается при рассмотрении вековых изменений размеров прибалтийского лося на основании правила Бергмана.

Климатическую гипотезу акселерации человека разрабатывал Миллс /I9,20/. Исходя из результатов экспериментов на животных, он полагал, что прохладный сухой климат способствует потере теплоты и поэтому стимулирует рост, тогда как теплый и влажный климат задерживает потерю тепла и тем самым замедляет рост. Основываясь на климатических данных, он прогнозировал замедление и окончание процесса акселерации человека в период между I940 и I950 гг. Однако этот прогноз не подтвердился ни в одной стране.

Рассмотрим вековые изменения размеров прибалтийского лося с позиций геомагнитной гипотезы. На рис.3 нанесены результаты измерений наибольшей длины таранной кости лося, приводимые К.Л.Паавером /I5/. Подобным образом изменяется еще ряд морфологических признаков лося. Соединяя точки, характеризующие результаты измерений, получим на рисунке некоторую ломаную линию, которая согласуется с кривой, характеризующей изменения магнитного момента Земли. Чем меньше значение магнитного момента Земли, тем больших значений достигают размеры костей лося, т.е. подтверждается зависимость размеров животного от интенсивности МПЗ. Однако сравнение рис.2 и 3 позволяет заметить, что вековые изменения размеров лося почти одинаково хорошо согласуются как с изменениями среднегодовых и июльских температур, так и с изменениями магнитного момента Земли в голоцене. Трудно выяснить преимуществен-

ное влияние одного из этих двух факторов. Картина еще больше усложняется в связи с тем, что не исключено влияние магнитных полей на климат планеты. Поэтому представляется полезным рассмотреть пример, где можно довольно четко проследить влияние указанных двух факторов.

Изменчивость лисицы обыкновенной и современное геомагнитное поле

Таким примером могут служить некоторые особенности внутривидовой географической изменчивости лисицы обыкновенной. П.В.Терентьев /21/ приводит созданную Л.А.Чудновским в 1947-1949 годах карту клинальной изменчивости общей длины черепа лисицы на территории СССР (рис.4). При работе над картой Л.А.Чудновский пользовался коллекцией черепов лисицы Зоологического института АН СССР.

Наименьшие значения длины черепа обнаруживаются в двух областях. Одна из них, более западная, расположена на берегу Каспийского моря. Другая, более восточная, расположена северо-западнее озера Байкал. Линии, соединяющие участки территории с одинаковой длиной черепа лисицы имеют причудливое течение, но все же можно различить, что они расположены как бы концентрически вокруг двух указанных областей, которые являются своеобразными центрами. Можно условно наименовать эти центры по месту их расположения "Каспийским" и "Сибирским". В центрах находятся изолинии наименьшей длины черепа. По мере удаления от центров длина черепа лисицы увеличивается. Таким образом, изолинии очерчивают как бы трехмерную фигуру, своего рода две пространственные впадины, которые, однако, не соответствуют рельефу местности. В литературе не удалось найти объяснений рассматриваемых данных о географической внутривидовой изменчивости лисиц. Объяснить такое географическое распределение животных одинаковых размеров влиянием климата вряд ли возможно. Размеры черепов лисицы одинаковы в районах, которые резко различаются своими климатическими данными. Например, они одинаковы в районе Волги и в Якутии.

Рассмотрим некоторые особенности пространственного распределения интенсивности МПЗ. Структура изменений напряженности нормального геомагнитного поля на территории СССР может быть представлена изолиниями, т.е. линиями одинаковых значений элементов нормального поля. Изолинии расположены как бы концентрически вокруг некоторых центров. Наибольшие значения напряженности МПЗ наблюдается в центрах геомагнитных районов. По мере удаления от центра напряженность поля уменьшается. Представление о характере изменений напряженности МПЗ на поверхности Земли может дать карта изолиний среднегодовых значений вектора напряженности геомагнитного поля ST (рис.5). Из рисунка видно, что в I930-I935 гг. центр магнитного района охватывал часть Каспийского моря и поэтому именовался Каспийским центром /22/. Со временем центр геомагнитного района сформировался восточнее и в I962 г. был расположен севернее озера Байкал и именовался Сибирским центром. На рис.6 представлена карта изолиний напряженности нормального геомагнитного поля для эпохи I962 г.

Сравнение карты изолиний длины черепа лисиц (рис.4) и карт изолиний напряженности нормального геомагнитного поля на территории СССР за I930-I962 гг., позволяет говорить о почти совпадающем расположении "Каспийских" центров на обеих картах и близком расположении "Сибирских" центров. Там, где расположены центры максимальных значений напряженности МПЗ, находятся и центры минимальных размеров черепов лисицы. По мере уменьшения напряженности поля размеры черепов лисиц увеличиваются. Создается впечатление, что почти совпадающее расположение "Каспийских" центров не случайно (вероятность случайного совпадения сложных трехмерных изображений очень мала), что геомагнитное поле было ведущим фактором, влиявшим на скорость роста и развития лисиц, чем, в конечном счете, и были обусловлены их конечные размеры и закономерность распределения по ареалу.

Следует обратить внимание на несовпадение "Сибирских" центров на обеих картах. Они находятся на одной широте, но центр магнитного района сдвинут на восток по сравнению с центром изолиний длины черепа лисиц (рис.4 и 6). Причину сдвига следует искать в разном времени создания обеих карт:

Рис.I. Изменение во времени магнитного момента Земли (пунктир, по П.Смиту, I968) и антропологического типа древнего населения Европы (по К.Рот-Лутра, I969).

Рис.2. Вековой ход средних годовых и июльских температур и изменчивости лося в голоцене (из К.Л.Паавера, I965).

I – гипотетическая кривая средних июльских температур в позднем плейстоцене и в голоцене в Центральной Европе (I – аллередский интерстадиал, 2 – поздний дриас (по Гроссу, I958);

П – схематическая кривая приблизительных средних годовых температур в Центральной Европе (по Вольдштедту, I958);

Ш – схематическая кривая вековой изменчивости лося в Прибалтике в голоцене.

Рис.3. Вековые изменения наибольшей длины таранной кости прибалтийского лося (вверху, по К.Л.Пааверу, I964) и магнитного момента Земли (по П.Смиту, I968).

Рис.4. Географическая изменчивость длины черепа лисицы обыкновенной. Линии соединяют участки ареала с одинаковой длиной черепа, указанного в десятых долях мм (рис.Л.А.Чудновского из П.В.Терентьева, I965).

Рис.5. Карта изолиний значений векторов напряженности геомагнитного поля $\overline{ST}$ в гаммах /I/, углов наклона векторов $\overline{ST}$ к горизонтальной плоскости /2/ и векторов $\overline{ST}$, отложенных в горизонтальной плоскости для периода I930-I935 гг. (из В.П.Орлова, I952).

Рис.6. Карта изолиний напряженности нормального геомагнитного поля для эпохи I962 г. Цифрами обозначена напряженность в эрстедах (из Б.Д.Винца и Л.А.Приваловой, I962).

Рис. 1

Магнитный момент Земли $\times 10^{25}$ ed. CGS

Показатель антропологического типа D_{11}

10 9 8 7 6 5 4

510 509 508 507 506 505 504 503

тысячи лет до н.э.

6 5 4 3 2 1 0

Рис. 2

22° 18° 14° 10° 6° 2°

III

1

I

2

II

10000 5000 0

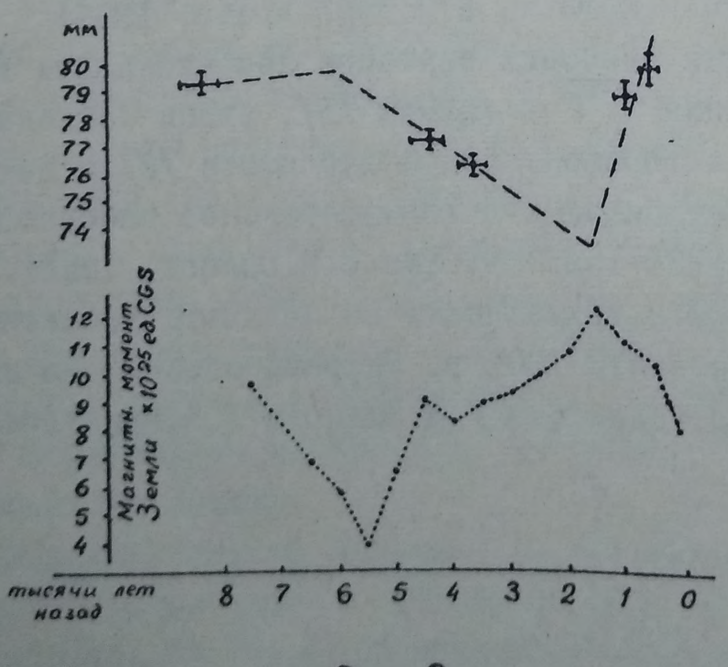


Рис. 3

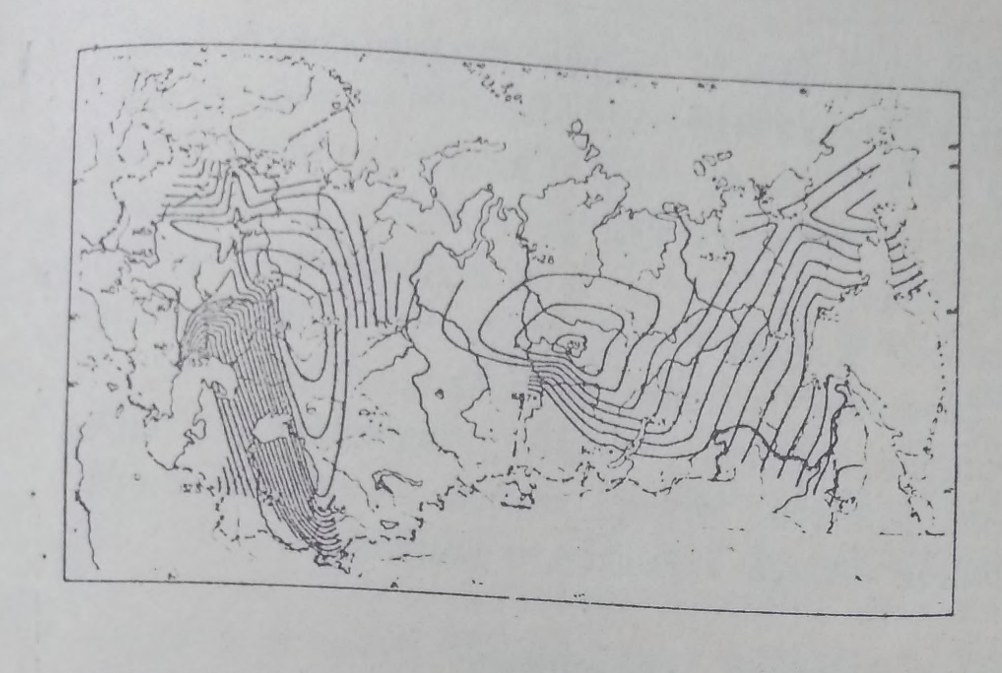


Рис. 4

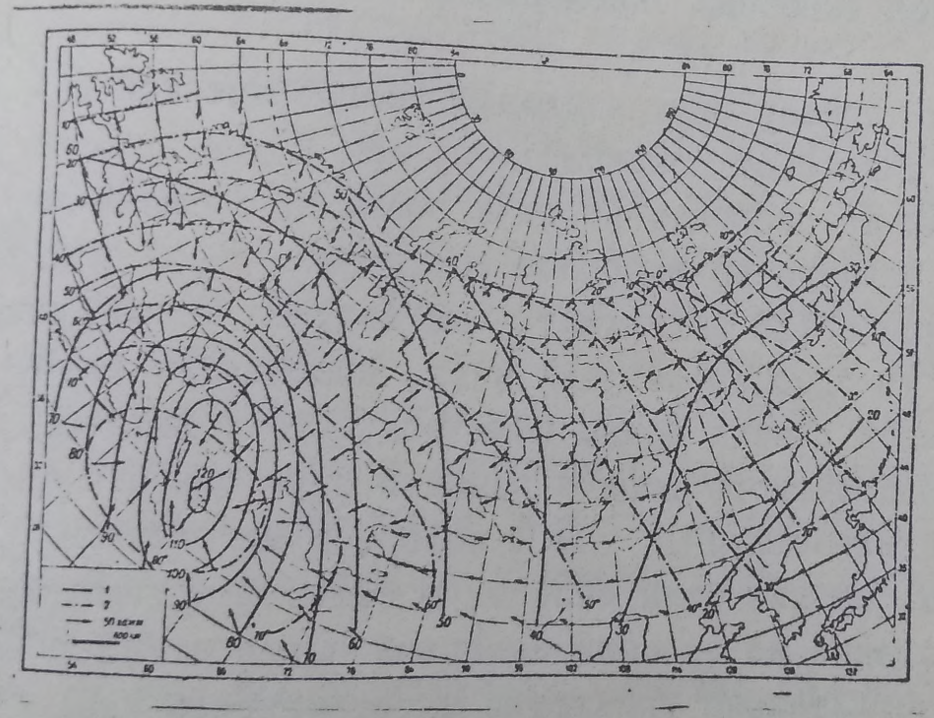


Рис. 5

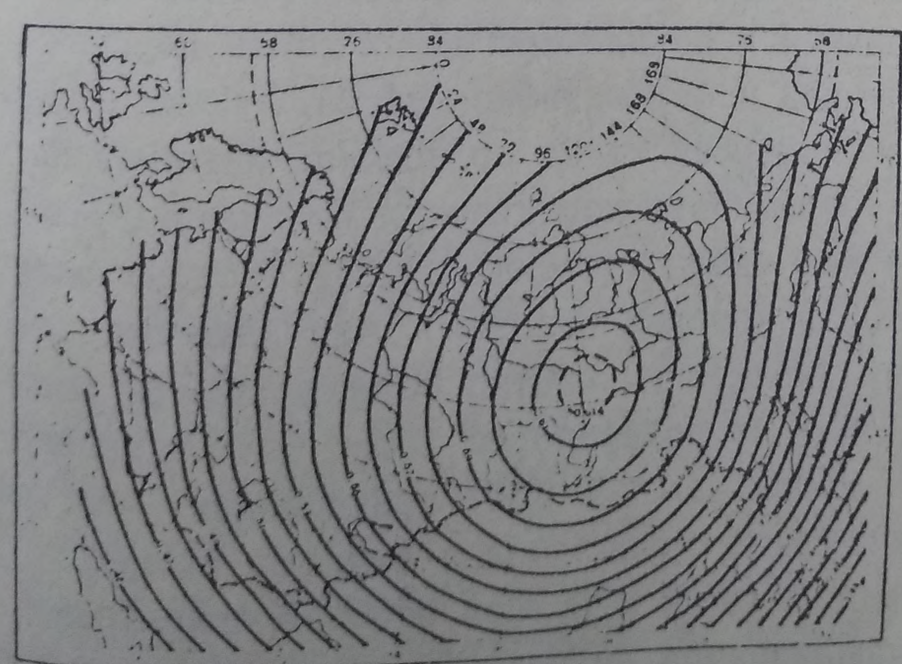


Рис. 6

карта изолиний размеров черепа лисицы создавалась в I947-I949 гг., а карта изолиний напряженности поля корректировалась в I962 г. За это время центр магнитного района мог сместиться на восток. Движение центра магнитного района в этом направлении позволяет объяснить и некоторую вытянутость изолиний "Сибирского" центра размеров черепа лисиц по широте. Несмотря на смещение Сибирского магнитного центра, можно отметить во многом сходное течение изолиний напряженности МПЗ и изолиний размеров черепа лисицы на обширных пространствах Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Геомагнитная гипотеза акселерации

Рассмотренный пример внутривидовой географической изменчивости лисиц позволяет предполагать, что в ряду многих факторов, влияющих на скорость роста и развития животных и, тем самым, на их размеры во взрослом состоянии, такой фактор как интенсивность МПЗ выдвигается на ведущее место, или, по крайней мере, на одно из ведущих мест, превосходя влияние климата. В связи с этим можно полагать, что и вековая изменчивость прибалтийского лося в большей мере связана с колебаниями интенсивности МПЗ, чем с колебаниями климата.

Недавно были опубликованы работы, в которых устанавливается факт совпадения во времени инверсий полюсов МПЗ (в периоды которых значительно снижается интенсивность МПЗ) с изменениями, вымиранием и появлением новых видов морских простейших - радиолярий и фораминифер /24,25/. Предполагалось, что в периоды инверсий из-за ослабления интенсивности МПЗ возрастает интенсивность космических излучений, что приводит к возрастанию числа мутаций /26,27/. Вскоре были опубликованы работы, в которых показано, что даже при отсутствии МПЗ потоки заряженных частиц поглощались бы атмосферой и рост радиации на поверхности Земли был бы незначительным /28,29/. Затем Я.Крейн /30/ предположил, что причиной массового вымирания организмов в периоды инверсий были изменения интенсивности МПЗ. При этом он основывался на результатах экспериментов по влиянию слабых магнитных полей на различные виды животных.

В экспериментах было показано, что после 72-часового пребывания в магнитном поле с напряженностью, меньшей чем напряженность МПЗ, способность бактерий к размножению уменьшалось, нарушались двигательные рефлексы у ленточных червей и моллюсков, снижалась нейромоторная активность у птиц, у мышей наблюдались нарушения обмена веществ. Я.Крейн полагает, что влияние изменений МПЗ в период инверсий может быть усилено климатическими изменениями, а также изменениями потока космических лучей. Он считает изменения интенсивности МПЗ ведущим фактором, влияющим на изменения в биосфере в периоды инверсий. Остались неясными механизмы воздействия инверсий полюсов МПЗ на живые организмы, которые ведут к угасанию и возникновению видов, во всяком случае - видов морских простейших.

Геомагнитная гипотеза акселерации может быть использована для выяснения некоторых сторон этих механизмов. Предполагается, что в периоды инверсий, как и в периоды установившегося поля, МПЗ ускоряло или замедляло, в зависимости от интенсивности, темп индивидуального развития животных. Резкие изменения интенсивности МПЗ в периоды инверсий могли приводить к более глубоким и более быстрым процессам акселерации и ретардации, чем те, которые вызывались долгопериодными колебаниями интенсивности в периоды установившегося поля.

Реакция биологических систем на однонаправленное изменение интенсивности магнитного поля может быть волнообразной /3I/, поэтому можно полагать, что при однонаправленном изменении интенсивности МПЗ возможны последовательные смены периодов ускорения роста и развития периодами замедления. О подобной смене ускорений роста замедлением позволяют говорить результаты экспериментов по влиянию искусственных магнитных полей различной интенсивности на рост и развитие как животных /I-3/, так и растений /32/. Поэтому можно предполагать, что МПЗ в состоянии ускорять и замедлять также рост и развитие растений. Переходные процессы МПЗ в периоды инверсий характеризовались однонаправленными, скачкообразными и колебательными изменениями интенсивности /33/, что могло вести к возникновению различных комбинаций ускорений и за-

медлений развития животных, и, возможно, растений. Комбинации ускорений и замедлений темпов индивидуального развития могли приводить к усилению или ослаблению и даже к формированию новых признаков /5/.

Следует обратить внимание на длительность репродуктивного периода животных, который может изменяться в несколько раз в сторону удлинения в процессе акселерации или в сторону сокращения в процессе ретардации. Можно представить себе ситуацию, когда вследствие изменений интенсивности МПЗ наступило столь существенное замедление развития, ретардация, когда животное осталось недоразвитым и репродуктивный период был слишком кратковременным или даже не наступал вовсе. Численность популяции, состоящей из таких особей, начнет быстро уменьшаться из-за недостаточного воспроизводства. В зависимости от конкретного случая, популяция исчезнет в течение какого-то определенного небольшого числа поколений. Для видов, у которых вследствие акселерации наступило существенное удлинение репродуктивного периода, возможны популяционные "взрывы", стремительный рост численности, распространение и захват новых территорий, адаптация к новым условиям и закрепление признаков, появившихся вследствие сочетаний периодов ускорений и замедлений развития. Вероятно, таким путем инверсии полюсов МПЗ могут оказывать свое влияние на процессы угасания и возникновения видов животных. Насколько применимо это к растениям, покажут дальнейшие исследования.

Рассмотрим конкретный случай, где могут быть применены приведенные соображения. Недавно было установлено, что последняя инверсия полюсов имела место I2400 лет назад /34/. Наиболее существенно могла измениться длительность репродуктивного периода вследствие возможной ретардации у представителей видов, отличавшихся длительным периодом созревания, т.е. у представителей видов крупных животных.

Радиокарбоновые датировки /35/ позволили установить, что последняя волна массового вымирания крупных наземных животных имела место в I2-I0 тысячелетии до н.э., т.е. по времени совпадает с периодом инверсии МПЗ. Имеются данные, которые свидетельствуют об измельчании крупных животных и их инфантильности в конце плейстоцена /36,37/. Такие данные

можно трактовать как проявления ретардации, которая сопровождалась, вероятно, сокращением репродуктивного периода животных.

Предыдущая волна вымирания крупных животных датируется 45-33 тысячелетиями до н.э. /35/. Возможно, причиной вымирания и в данном случае были какие-то значительные изменения интенсивности МПЗ. Такие изменения могли затронуть в какой-то мере разные виды животных, а также человека, так как приводили к ускорению и замедлению онтогенеза. В этот период могли произойти существенные морфологические изменения некоторых выживших видов. Впоследствии предки и потомки, разделенные десятком поколений, могли классифицироваться, как разные виды. Не исключено, что трансформация неандертальца в человека верхнего палеолита, которая приходится именно на период 40-33 тыс. лет назад /38/ в какой-то мере связана с ускорениями и замедлениями онтогенеза, вызванными изменениями интенсивности МПЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отдельные особенности внутривидовой изменчивости животных обнаруживают некоторую общность, если сделать допущение, что изменения интенсивности магнитного поля Земли в состоянии замедлять и ускорять темп индивидуального развития,т.е. являются ведущим фактором ретардации и акселерации. Такое допущение, согласующееся с результатами экспериментов по воздействию искусственных магнитных полей на рост и развитие животных, лежит в основе геомагнитной гипотезы акселерации. Рассмотренные примеры внутривидовой вековой и географической изменчивости животных в какой-то мере подтверждают правомерность подобной гипотезы. Некоторые примеры показывают возможность применения геомагнитной гипотезы для анализа вековой морфологической изменчивости человека. Последовательное применение этой гипотезы для анализа процессов, происходивших в биосфере в периоды инверсий полюсов геомагнитного поля позволяет по-новому взглянуть на проблему вымирания отдельных видов крупных животных.

Литература

I. Veneziano P.P. Diss. Abstr. 25, 1965, 4319.
2. Коржова В.В. В кн. "Материалы Второго Всесоюзного совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты", М., I965, I33.
3. Halpern M.H. and Van Dyke J.H. (1966). In: Busby D., Space Life Sciences, 1, 1968, 23.
4. Емельянов С.С. В кн. Темп индивидуального развития животных и его изменения в ходе эволюции. М., "Наука", I968.
5. Rensch B. Die Phylogenetische Abwandlung der Ontogenese. Die Evolution der Organismen. G,Heberer (Hrsg) 1 Lief. Stuttgart, 1954.
6. Василик П.В., Василик Н.В., Помогайбо В.М. В кн. "Биокибернетика, бионика". Тезисы IУ украинской республиканской конференции. Киев, I970, I45.
7. Василик П.В. V Украинская республиканская конференция по бионике. Тезисы докладов. Киев, "Наукова думка", I972, 67.
8. Василик П.В. Западный дрейф вариаций геомагнитного поля и некоторые особенности проявления акселерации в прошлом. Там же, 73.
9. Василик П.В. В сб. Математические модели в биологии. Киев "Наукова думка", I972, 94.
I0. Василик П.В. В сб. Математические модели в биологии. Киев, "Наукова думка" I972, I02.
II. Кондукторова Т.С. Изменения физического типа населения Украины от мезолита до средних веков. М., "Наука", I964.
I2. Smith P.J. New Scientist, 38, 591, 1968.
I3. Roth-Lutra Karl H. Homo, 1969, 20, N 3, 174.
I4. Рогинский Я.Я., Левин М.Г. Основы антропологии. М., Изд-во МГУ, I955.
I5. Паавер К.Л. Бюллетень МОИП, отдел. биол., LXIX, вып.2, I964, 83.
I6. Паавер К.Л. Формирование териофауны и изменчивость млекопитающих Прибалтики в голоцене. Таллин, Изд-во АН ЭССР, I965.

I7. Цалкин В.И. Бюллетень МОИП, отдел.биол., 63, вып.3, I958.
I8. Гарутт В.Е. В кн. Антропогеновый период в Арктике и Субарктике, "Недра", М., I965, I06.
I9. Mills C.A. Human Biol., 1937, 1, 43.
20. Mills C.A. Human Biol., 1950, 22, 71.
2I. Терентьев П.В. В кн. Внутривидовая изменчивость наземных позвоночных и микроэволюция. Свердловск, Изд-во УФ АН СССР, I965, 3.
22. Орлов В.П. Труды НИИ земного магнетизма, выпуск 8/I8/, Гидрометеоиздат, Л., I952, I2.
23. Винц Б.Д., Привалова Л.А. Геомагнетизм и аэрономия,I962, № 3, 527.
24. Hays J.D., Opdyke N.D. Science, 1967, 158,N 3804, 1001.
25. Glass B., Ericson D.B., Heezen B.C., Opdyke N.D., Glass J.A. Nature, 1967, 216,N 5114, 437.
26. Uffen R.J. Nature, 1963, 198, N 4876, 143.
27. Simpson J.F. Bull. Amer. Geol. Soc., 1966, 77, N 2,187.
28. Sagan C. Nature, 1965, 206, N 4983, 448.
29. Waddington C.J. Science, 1967, 158, N 3803, 913.
30. Crain Jan K. Bull. Geol. Soc. Amer., 1971, 82, N 9, 2603.
3I.Василик П.В.,Лавриненко В.И. Материалы Всесоюзного симпозиума "Влияние искусственных магнитных полей на живые организмы", Баку, I972, II3.
32. Тараканова Г.А. Материалы П Всесоюзного совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты. М., I969, 2I3.
33. Петрова Г.Н., Буха В.В., Гамов Л.Н. и др. Изв. АН СССР. Физика Земли, I972, № 6, 53.
34. A recent magnetic reversal. Science News, 101, N 5, 1972, 74.
35. Martin P.S. Proc. VII Congress Intern. Assoc. Quarternary Research, 6. New Haven-London. Yale Univ. Press, 1967.
36.Вангенгейм Э.А. Труды Геологич. ин-та АН СССР, М., вып.48, I96I.

37. Давиташвили Л.Ш. Изменчивость организмов в геологическом прошлом. Тбилиси, Мецниереба, I970.

38. Долуханов П.М. Проблемы абсолютного датирования в археологии. "Наука", М., I972, II.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

А.В.КОВАЛЬЧУК
Ужгородский университет

КОСМИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫЕ МНОГОДНЕВНЫЕ РИТМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ФАКТОР ЭВОЛЮЦИИ ЖИВОТНОГО МИРА

Наличие колебательных процессов различной частоты - фундаментальное свойство живой материи на всех уровнях её организации, - от атомов и молекул до организмов и сложных взаимодействий между популяциями, а универсальный часовой механизм свойственен всем клеткам. "Ритм - это адаптация во времени такая же доскональная, как и устройство клетки в пространстве" /27/.

Все более отчетливо видна роль ритмов в различных проявлениях жизни. Наличие ритмов позволяет всем растениям и животным обеспечивать тонкую временную корреляцию всех процессов внутри живой системы и оптимальным образом согласовывать их с различными периодически изменчивыми внешними условиями - сменой дня и ночи, наличием сезонных, годовых и других периодов, обусловленных закономерными изменениями взаимного расположения Земли, Луны и Солнца, периодичностью солнечной активности и некоторыми другими более или менее четко повторяющимися явлениями.

Биологические ритмы имеют решающее значение и в регуляции уровня чувствительности живой системы и ее сопротивляемости к действию различных повреждающих агентов и часто само выживание организма определяется той фазой, в которой он подвергался действию этого фактора. Установлено, что и способность ориентироваться в пространстве у животных и

птиц, насекомых или рыб связана также с наличием внутренних часовых механизмов.

По своему происхождению ритмы подразделяют на эндо- и экзогенные, а близкие по частоте к внешним эндогенные ритмы способствовали эволюционному отбору /19/. Наиболее отчетливо это видно на примере околосуточных (циркадных) ритмов, сезонных или годовых, хотя выраженность их и значимость для различных представителей живого мира также далеко не одинакова. Менее всего изучены "инфрациркадные" и близкие к ним ритмы различных жизненных явлений с длительностью периода от нескольких до 30 дней и их возможная роль в явлениях адаптации и эволюции. Неизвестным по существу остается и сам механизм биологических часов, имеющий, по всей видимости, не химическую, а биофизическую природу и связанный определенным образом с динамикой некоторых факторов внешней среды /2,23,1,20,21,33/.

Исключительная сложность регуляторных процессов на уровне организма "строится все же на регуляциях клеточного метаболизма под контролем наследственных структур ядра и плазмы" /14/. В свою очередь генетические и саморегуляционные процессы в клетке обусловлены деятельностью хромосом, функционирование которых связано с универсальным механизмом спирализации и деспирализации. Добытые недавно различными исследователями /22,28,24,8/ данные подтверждают, что в обеспечении околосуточных и многодневных часовых механизмов основная роль может принадлежать нуклеиновым кислотам.

Так как физико-химические процессы, обуславливающие функциональную лабильность биологических макромолекул в растворе и в клетке, идентичны, а в их основе лежат одни и те же физические явления, приблизиться к решению этой проблемы, по-видимому, можно было бы, выявив аналогичные по частоте колебания конформационных перестроек молекул нуклеиновых кислот, сохраняемых длительно в водных растворах и их причины. Как известно, широкое применение водных коллоидных систем даже относительно простых соединений как модели для изучения космических влияний на живые структуры позволило Дж.Пиккарди /13/ установить факт синхронной изменяемости физико-химических свойств неравновесных водных систем и различных проявлений жизни.

Учитывая выше изложенное, мы поставили перед собой задачу изучить роль многодневных ритмов физиологических процессов в явлениях приспособляемости биологических систем к космически обусловленным колебаниям биологически значимых факторов внешней среды, а также попытаться выявить предполагаемые периодические колебания информационно-генетических возможностей нуклеиновых кислот, что могло бы приблизить нас к раскрытию важнейшего эволюционно созданного механизма связи организм-среда.

Методика исследований

Многодневные ритмы физиологических процессов в большинстве исследований изучали на людях, так как человеку, несмотря на наличие социальных факторов, свойственны все основные общебиологические закономерности, а при самом исследовании можно обеспечить оптимальные условия, позволяющие в дальнейшем провести максимально полный анализ получаемых результатов. Мы были убеждены, что при этом в условиях длительного эксперимента общие принципы саморегуляции и механизм взаимосвязи организм - среда, свойственные всему животному миру, смогут проявиться особенно четко.

С этой целью в разное время с 1961 по 1971 гг. на здоровых людях одного возраста группами от 8 до 20 человек в стандартных условиях ежедневно на протяжении до 100 и более дней при помощи соответствующих объективных количественных показателей исследовали важнейшие и лучше всего изученные физиологические параметры - максимальное и минимальное кровяное давление, количество лейкоцитов и эритроцитов в куб. мм периферической крови, мышечную силу и частоту сердечных сокращений. С целью сравнения аналогичные опыты по изучению колебаний состава крови проводили на кроликах и собаках.

Для получения дополнительной информации о сравнительной роли глобальных и местных параметров внешней среды как синхронизаторов или причин многодневных колебаний уровня функциональных процессов в организме были использованы ежедневные амбулаторные данные о среднем количестве гемоглобина в крови (от 50-60 взрослых людей), полученные из разных мест - городов Кировска, Львова с 1959 по 1970 гг.,

а также за 3-4 года из Москвы, Петрозаводска, Тернополя, Ужгорода и некоторых других (более 600000 анализов).

С целью выявления возможных многодневных колебаний физико-химических свойств молекул нуклеиновых кислот в разное время на протяжении до 70 дней были проведены модельные опыты на ДНК разной степени нативности из тимуса теленка и куриных эритроцитов. Во всех случаях соответствующие растворы (в концентрации 20 гамм на 1 мл) изготовляли в стерильных условиях и сохраняли при 4 или 18°С.
В некоторых специальных сериях опытов их "активизировали" постоянным магнитным полем (ПМП) - для чего омагничивался или сам растворитель, а потом растворялась соответствующая НК, или кратковременному (от 1 до 24 часов) воздействию ПМП напряженностью от 80 до 2000 Э подвергался уже сохранявшийся определенное время раствор. Изучение стабильности молекул ДНК проводили ежедневно в одно и то же время (иногда утром и вечером) при помощи несколько модифицированной методики сравнительной оценки времени полуплавления В.В.Симонова, И.И.Рябченко и А.М.Поверенного и дифференциальной спектрофотометрии, позволяющей рассчитывать общее количество разорванных Г-Ц и А-Т пар. Все опыты были проведены с достаточным количеством повторностей и параллельных исследований (иногда до шести).

Дальнейший анализ проводился при помощи соответствующих математических методов. Сначала все исходные ряды ежедневных значений всех функциональных параметров каждого индивидуума были проанализированы при помощи автокорреляционной функции (в соединении с преобразованием Фурье) и периодограмм - анализом для выявления многодневных периодических составляющих. После этого для изучения возможной адаптивной роли многодневных ритмов и модулирующего влияния среды были получены ежедневные средние значения каждого физиологического параметра во всех группах испытуемых, а полученные таким образом величины снова анализировались на наличие периодических компонентов. Периодические составляющие выявились и в рядах различных среднесуточных показателей состояния внешней среды за время исследований. В качестве показателя глобальных, космически обусловленных сдвигов физических свойств Земли было взято состояние маг-

нитного поля, биологическая значимость которого в настоящее время представляется несомненной; как основные индикаторы локальных проявлений общих изменений атмосферы - барометрическое давление, температура воздуха и (не во всех исследованиях) его абсолютная и относительная влажность. Изменения возмущенности геомагнитного поля (ГМП) оценивали по индексу Ар, метеоданные - общепринятыми способами. Источником их служили официально публикуемые материалы и данные соответствующих метеостанций.

Характер возможной связи и временные соотношения между рядами усредненных значений всех физиологических параметров или показателей состояния ДНК в растворах и индикаторами внешней среды за это же время оценивали при помощи коэффициентов корреляции и кросскорреляции с постепенным взаимным сдвигом рядов от четырех дней опережения и до четырех-шести (в частности исследований до 100 и более) дней запаздывания. Для этого все ряды условно разбивались на 30-34-ех дневные отрезки, а соответствующие расчеты вели по всей длине каждого.

Наличие возможных многодневных ритмов в колебаниях состояния ежедневных значений изучаемых физико-химических параметров молекул ДНК в растворах оценивали при помощи специального метода, позволяющего выявлять периодические составляющие на всех последовательных отрезках ряда.

Во всех случаях после обычной оценки получаемых средних значений достоверность их отличия оценивали при помощи критерия Фишера-Стьюдента. Все основные расчеты были проведены при помощи ЭВМ. За нижнюю границу значимости принимали обычно используемую в биологии - Р=0,95.

Полученные результаты и их обсуждение

Сравнение полученных ежедневных значений каждого из физиологических параметров - максимального и минимального кровяного давления, частоты сердечных сокращений, мышечной силы и количества форменных элементов крови в 1 мм^3 периферической крови у всех 60 индивидуумов показало более или менее выраженное их непостоянство. Величина отклонений от среднего для каждого из них была неодинаковой, совпадая в общем с данными литературы и имела отчетливый инди-

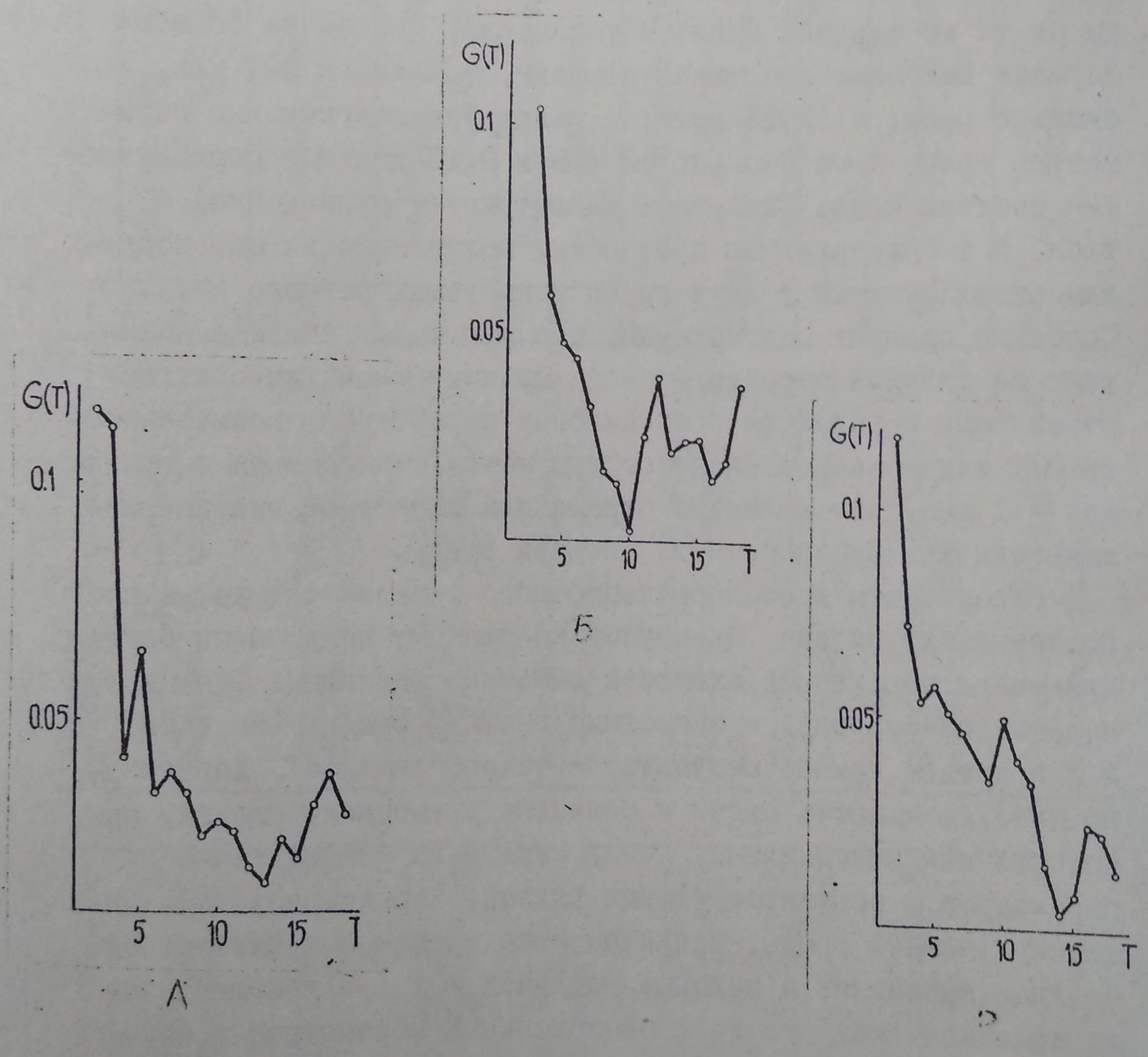
видуальный характер. Проведенный указанными методами анализ на наличие периодических составляющих всего исходного материала во всех случаях у мужчин и женщин выявил наличие периодических компонентов разной выраженности, которые для всех показателей каждой особи были близкими, но, как правило, не идентичными. Сопоставление всех полученных данных позволяет заключить, что чаще всего речь идет о многодневных эндогенных ритмах, близких к 6, 9-10, 12-14, а также 28-32 дням. (На рис. № 1 представлена часть этих данных).

Аналогичные ритмы (и прежде всего околошестидневный) в колебаниях форменных элементов крови были обнаружены и в экспериментальных животных. Особенно четкими они становились после некоторых относительно слабых воздействий /7/.

Возможность 6-7 и 12-14 - дневных колебаний различных показателей функционального состояния у здоровых организмов отмечалась и ранее. Так, В.И.Фёдорову/1947/ удалось выявить 12-дневную периодичность роста у разных животных. Л.Дерер /5,26/ описал их в изменениях количества лейкоцитов крови и некоторых биохимических показателей, а четкий эндогенный семидневный ритм выделения кетостероидов у человека выявили Ф.Хальберг с сотрудниками /27/. И.С.Кучеров /9/ установил наличие таких периодов в энергетическом и пластическом обмене некоторых животных и человека, а также в изменениях мышечной силы и даже высказал мнение о "едином ритме трофических процессов". Недавно околонедельные колебания некоторых показателей состояния изолированных и переживающих органов и тканей (как необъяснимый феномен) были описаны Л.Д. Лукьяновой /10/ и Т.Д.Карапетяном и соавторами /6/. Особенно часто аналогичные периодические колебания описывались после различных вмешательств и при заболеваниях. У человека даже известен класс периодических болезней, в основном неизвестного происхождения, характеризующихся многодневными резко выраженными колебаниями одной или нескольких характеристик тела, чаще всего с околонедельным или кратным ему периодом /29, 30, 31/.

Таким образом, кажется вполне вероятным, что во всех этих случаях от нормы до патологии действительно речь идет о проявлении одного и того же эволюционно выработанного и генетически закрепленного принципа самоорганизации живой

Рис. 1. Значения спектральной плотности в зависимости от величины периода в днях для колебаний максимального кровяного давления (А), частоты сердечных сокращений (Б) и количества эритроцитов в 1 мм^3 периферической крови (В), полученные усреднением соответствующих нормированных плотностей этих показателей у 40 мужчин.



материи, основанного на периодичности одного или нескольких фундаментальных многодневных циклов жизнедеятельности. Имеющие место отклонения продолжительности периода могли бы обуславливаться сложными причинно-следственными взаимоотношениями между различными процессами регуляции в организме и влиянием внешних факторов.

Дальнейший анализ на наличие периодических составляющих всех рядов усредненных за каждый день значений каждого из функциональных показателей во всех группах испытуемых и указанных среднесуточных показателей состояния внешней среды за те же отрезки времени установил, что почти во всех случаях наиболее отчетливы периоды, близкие к 6-7 или, несколько реже, к 12-13 дням; в рядах физиологических параметров кроме того выявляются 4-5 и 9-10-дневные периодические составляющие. Сказанное иллюстрирует приведенные на табл. № 1 спектральные плотности, полученные из автокорреляционных функций у двух групп испытуемых разного пола. Особенно следует подчеркнуть, что при таком анализе данных даже за близкие отрезки времени наличие периодических составляющих в рядах физиологических параметров, возмущенности ГМП или показателей атмосферы может отклоняться в границах ± 1 дня, что является отражением известной квазипериодичности колебаний свойств внешней среды.

Результаты кросскорреляционного анализа тех же данных подтверждают наличие сдвинутой по-разному во времени более или менее выраженной схожести динамики различных функциональных показателей и состояния внешней среды. (На табл. № 2 приведен пример результатов такого анализа). Характерно, что значимость связи и величина временного сдвига, при которой она максимальна, между каждым из физиологических параметров и соответствующими рядами, характеризующими динамику внешней среды, различна и со временем меняется. Отчетливо выявились и половые различия - у лиц женского пола колебания каждого из функциональных параметров в большинстве случаев выявляют связь с динамикой почти всех использованных для сравнения показателей внешней среды, а значимость коэффициентов в среднем значительно более высокая, чем у мужчин.

Такой же анализ 325 месячных рядов ежедневных значе-

Таблица 1

Значения нормированной спектральной плотности для усреднённых ежедневных величин различных физиологических показателей и среднесуточных значений некоторых параметров внешней среды за то же время в зависимости от величины периода в днях. А - группа мужчин (20 человек, февраль - апрель 1962); Б - группа женщин (10 человек, март - май 1962 г.).

А

Период в днях	Количество лейкоцитов в 1 мм^3 крови	Мышечная сила	Частота сердечных сокращений	Максимальное кровяное давление	Минимальное кровяное давление	Атмосферное давление	Температура воздуха	Возмущённость ГМП по индексу Ар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	67,7	13,9	18,6	14,5	46,3	55,1	20,7	21,1
2	8,0	14,3	9,8	9,6	6,6	9,7	11,5	4,8
3	6,9	11,9	5,9	2,6	6,5	4,2	10,4	5,1
4	2,6	14,0	3,1	3,8	6,5	3,2	7,8	4,6
5	5,3	3,5	9,0	5,8	3,6	5,0	0,6	6,5
6	3,9	5,2	6,6	3,6	3,4	3,9	18,1	8,3
7	1,0	6,1	9,3	2,2	2,0	1,8	- 0,3	12,2
8	3,0	0,7	7,1	2,0	1,6	5,0	3,7	13,0
9	-4,0	-0,1	1,0	1,2	4,8	2,1	5,2	2,9
10	-2,1	0,2	5,7	1,9	3,5	0,5	0,1	1,7
11	5,3	1,4	1,2	2,5	2,8	8,0	1,4	5,6
12	5,3	1,8	4,5	2,7	1,7	12,8	0,7	3,0
13	3,2	1,4	3,7	3,1	-1,0	10,7	0,9	0,7
14	-2,9	-0,9	3,0	2,8	2,8	10,6	-0,2	3,4

Б

Период в днях	Количество лейкоцитов в 1 мм^3 крови	Мышечная сила	Частота сердечных сокращений	Максимальное кровяное давление	Минимальное кровяное давление	Атмосферное давление	Температура воздуха	Возмущённость ГМП по индексу Ар
1	18,5	60,5	43,6	63,5	74,3	49,0	17,7	15,1
2	7,1	10,5	15,5	10,0	10,7	10,6	9,7	4,1
3	5,8	- 0,1	4,6	11,3	8,6	2,2	9,3	6,3
4	8,5	8,3	7,3	4,8	2,1	3,3	5,5	2,0
5	2,2	0,7	0,8	0,2	8,0	10,7	2,0	8,6
6	2,8	1,8	5,1	3,6	0,1	3,8	18,1	4,2
7	12,8	1,7	5,8	2,3	-1,3	- 4,0	0,6	21,2
8	2,0	0,7	2,8	1,2	4,4	7,7	2,8	11,2
9	- 0,8	5,4	-3,2	3,2	2,9	1,0	6,1	0,1
10	4,6	3,0	-1,1	-0,3	4,6	0,7	1,2	- 3,0
11	2,0	-4,0	2,8	-0,8	1,2	7,6	3,1	4,4
12	-0,7	1,7	2,6	1,5	- 0,3	12,2	1,4	3,3
13	-3,8	15,1	0,6	5,4	- 0,4	9,1	1,2	-1,1
14	2,5	3,5	-1,0	5,6	- 2,2	7,4	-0,4	2,3

Таблица 2

Результаты кросскорреляционного анализа (x/y) подобия динамики усредненных ежедневных значений физиологических параметров и некоторых среднесуточных показателей состояния внешней среды при постепенном сдвиге рядов от 4-х дней опережения до 4-х дней запаздывания для той же группы мужчин - "А" и женщин "Б".

Условные обозначения: "-" опережение (или "+" запаздывание) первого ряда по отношению ко второму; для наглядности все значения умножены на 10^2; нижняя граница достоверности при P=0,95 - 0,34 (34); 1 - количество лейкоцитов в 1 мм^3 крови, 2 - мышечная сила, 3 - частота сердечных сокращений, 4 - максимальное кровяное давление, 5 - минимальное кровяное давление, 6 - атмосферное давление, 7 - температура воздуха, 8 - возмущенность ГМП (индекс Ар).

А

Сдвиги в днях	1-6	2-6	3-6	4-6	5-6	1-7	2-7	3-7	4-7	5-7	1-8	2-8	3-8	4-8	5-8	6-8
-4	17,3	19,9	3,9	- 3,0	-45,2	-23,4	-23,0	19,4	- 9,2	-21,9	11,5	8,1	62,0	20,0	14,8	- 3,2
-3	5,8	22,8	22,4	19,6	-31,8	14,5	- 2,3	1,6	16,5	9,4	-19,2	15,3	48,8	21,4	0,7	- 4,3
-2	1,9	5,1	31,1	29,2	-25,8	18,7	-10,8	-18,9	-14,1	16,2	-18,8	6,9	14,8	8,2	- 7,9	- 7,0
-1	4,8	- 5,0	19,1	18,5	-14,7	1,5	- 1,0	0,1	- 6,6	3,5	-19,4	10,0	- 0,9	6,0	- 4,4	- 4,1
0	21,5	6,5	-13,9	6,6	-10,0	-10,1	12,6	17,0	-14,6	- 7,3	- 4,9	8,5	9,4	3,2	- 6,4	- 1,2
1	32,6	2,7	-20,7	4,0	4,4	-34,3	- 1,2	23,2	9,0	20,8	2,8	-10,4	34,4	-2,6	- 4,0	4,3
2	27,5	-29,2	-13,0	-22,7	10,6	- 2,2	- 5,8	25,6	19,5	9,6	5,1	-19,4	37,9	-1,3	- 5,7	16,5
3	9,6	-40,1	7,5	-24,7	12,0	-42,6	5,4	6,1	- 3,1	- 6,5	6,9	- 3,9	33,6	3,5	- 0,2	35,6
4	4,3	-28,6	3,3	0,6	22,4	16,0	- 4,5	17,1	16,8	10,5	14,8	16,5	11,8	-6,1	- 2,6	45,8

Б

Сдвиги в днях	1-6	2-6	3-6	4-6	5-6	1-7	2-7	3-7	4-7	5-7	1-8	2-8	3-8	4-8	5-8	7-8
-4	-25,6	34,1	-28,0	17,8	35,6	-16,9	47,5	-58,8	23,3	53,1	- 1,3	14,9	3,9	23,5	50,6	- 0,4
-3	-29,9	37,2	31,4	11,3	8,9	14,9	53,6	-56,5	39,8	50,6	- 9,4	3,1	2,7	24,0	60,7	-11,6
-2	-19,6	40,3	31,1	-10,6	-15,1	11,2	55,4	-52,2	47,5	52,8	-16,2	- 9,8	1,9	31,4	51,0	-10,1
-1	14,0	44,3	-17,9	2,3	- 3,5	6,4	55,6	-63,4	38,7	53,7	-23,0	-19,9	- 2,8	24,8	35,4	2,5
0	41,6	43,7	- 5,5	24,5	23,3	4,9	60,1	-57,2	42,5	62,6	-18,7	-25,4	3,7	15,0	24,2	15,0
1	44,2	37,7	18,3	20,2	27,2	13,9	66,9	-54,2	37,3	61,9	-16,5	-24,3	- 0,1	- 1,8	18,2	14,8
2	12,4	36,6	22,6	25,5	17,2	22,5	63,3	-49,2	43,2	70,3	-24,2	-19,8	-19,6	- 9,6	16,8	3,4
3	- 9,2	42,7	-14,6	20,2	0,9	11,5	69,4	-37,2	51,5	65,4	-24,7	- 1,4	-37,3	-10,4	19,1	- 9,1
4	- 4,7	47,0	- 9,9	34,8	- 4,4	18,0	72,4	-21,0	57,8	58,5	-21,4	- 0,7	-51,9	- 4,2	23,0	5,0

ний среднего количества гемоглобина крови по амбулаторным данным из разных мест выявил, что в 250 случаях (77%) при полном временном совпадении или запаздывании рядов гемоглобина от одного до трех дней по сравнению с ежедневными значениями магнитной возмущенности Земли (по индексу Ар) имеется достоверная схожесть их динамики. Таким образом, и эти данные можно рассматривать как подтверждение возможной роли глобальных изменений магнитного поля как одного из факторов, обеспечивающих связь живых систем с внешней средой.

Конечно, все эти результаты могут быть только следствием синхронизирующего влияния определенных параметров внешней среды на течение всех процессов саморегуляции внутри организма, в том числе и состояния соматической нервной системы, так как сдвиги абсолютной мышечной силы также зависимы от них. Различные временные соотношения между динамикой отдельных функциональных показателей у большинства индивидуумов и каждым из индикаторов внешней среды является, по всей видимости, выражением внутренних закономерностей временных соотношений между колебательными процессами саморегуляции различных параметров и, кроме того, указывает на активный характер синхронизации (адаптации) их к динамике внешней среды.

Во всех сериях опытов, в которых ежедневно в одно и то же время параллельно несколькими методами оценивали физико-химическое состояние молекул ДНК, сохраняемых в отдельных емкостях при разных температурах без каких-либо воздействий, в слабом ПМП или после однократной кратковременной экспозиции в нем было установлено наличие математически значимых однонаправленных отклонений всех изучаемых показателей состояния этого полимера. Заслуживает внимания и установленный при этом факт длительного увеличения стабильности молекул ДНК (особенно деградированных) в омагниченных растворах за счет (прежде всего) уменьшения количества разорванных Г-Ц пар.

Периодограмм-анализ всех, полученных в разное время, рядов ежедневных значений стабильности и количества разорванных Г-Ц и А-Т пар молекул ДНК выявил составляющие, обычно близкие к 6, реже 9 или 12-13 дням, то есть, по

существу, такие же периоды как и в колебаниях физиологических параметров. Результаты оценки возможного подобия этих рядов и динамики состояния погодных факторов при помощи коэффициентов корреляции и кросскорреляции позволили установить, что в омагниченных даже кратковременно растворах (как и в опытах Пиккарди с водными коллоидными системами) схожесть динамики молекулярных перестроек с колебаниями параметров внешней среды была обычно более чёткой и, кроме того, нередко, заключалась в сдвиге фазы многодневных колебаний - максимум подобия для данных за 30 и более дней по сравнению с динамикой какого-то параметра внешней среды сдвигался на один-два дня по сравнению с контролем.

Этот, на наш взгляд, принципиальной важности факт, может быть только следствием явлений, имеющих место в по-разному чувствительных к внешним воздействиям системах, находящихся в автоколебательном режиме с аналогичным периодом, обусловленным синхронными перестройками большинства молекул ДНК (для наглядности в табл. № 3 приведена часть результатов оценки возможного подобия динамики ряда ежедневных колебаний относительного количества разорванных Г-Ц и А-Т пар высокополимерной ДНК из куриных эритроцитов, полученных на основе изучения отдельно сохраняющегося идентичного раствора в 600 пробирках).

Таким образом, на основе полученных нами данных следует заключить, что и состояние молекул нуклеиновых кислот в водной среде не является автономным, а каким-то образом зависимо и отражает динамику внешней среды. За обратимые изменения их состояния могут быть ответственны энергетически слабые проникающие воздействия из внешней среды - колебания магнитного поля Земли или ЭМ волны определенных частот.

Кажется весьма вероятным, что этот же первичный механизм в живом может быть ответственен за динамику всех функциональных параметров и реализацию прямой связи организм--среда.

Отдельно следует подчеркнуть, что оценка степени схожести между динамикой использованных нами индикаторов локального состояния атмосферы в месте исследования и глобальными изменениями возмущенности магнитного поля в большинстве случаев дала математически значимые величины.

Таблица 3

Значения коэффициентов корреляции и кросскорреляции при оценке подобия между 34-х дневными рядами усреднённых значений показателей стабильности молекул ДНК в растворе и среднесуточными величинами температуры /4/ и абсолютной влажности /5/.

Условные обозначения как на предыдущей таблице "1а"- ряд ежедневных величин количества разорванных Г-Ц пар ДНК контроля, "1б" - А-Г пар контроля; "2" - ряд разорванных Г-Ц пар ("2б" - А - 1 пар) в растворах, предварительно омагниченных в ПМП напряжённостью 1000 Э на протяжении 20 часов; "3а" - ряд Г-Ц пар ("3б" - А-Т пар) в тех же условиях после омагничивания в таком же поле на протяжении 1 часа.

Дни (1)	1а-4	2а-4	3а-4	1а-5	2а-5	3а-5
-2	-44,4	-22,9	-37,7	-21,9	-2,2	-8,0
-1	-45,0	-14,5	-32,7	-36,6	-34,4	-29,5
0	-45,5	7,2	-18,5	-23,3	-47,5	-43,6
1	-53,8	-2,1	-25,3	-1,9	-14,1	-23,2
2	-60,9	-34,3	-46,8	7,1	- 4,7	- 9,3
1	1б-4	2б-4	3б-4	1б-5	2б-5	3б-5
-2	- 0,5	- 5,7	-16,1	-20,3	- 8,7	-23,1
-1	-14,2	- 3,2	-40,5	-21,5	-17,3	-15,6
0	- 6,6	2,0	-34,6	-33,9	-32,8	-19,9
1	-24,2	- 8,7	-31,5	- 1,3	-30,2	-13,4
2	-50,5	-19,3	-39,1	15,7	- 2,2	- 4,4

Только в последнее время стало известно о всеобщей связи и взаимообусловленности между крупномасштабными и местными изменениями в атмосфере и ионосфере и различными глобальными геофизическими параметрами. Основная причина, вызывающая их колебания - изменения солнечных воздействий. На это прежде всего указывают все результаты анализа солнечной деятельности и динамики всевозможных геофизических параметров, полученные разными методами. Так, анализ многолетних данных солнечной активности выявил наличие основного периода, равного 6,64 дня, отчетливо выявляющегося и

в различных изменениях погоды на Земле /17, 18/. Еще раньше Х.Клейтон /25/ пришел к выводу о наличии в погоде ритмов с длиной периода 7,9,11,14 и 29 дней. Устойчивую квазипериодичность с периодом 12-15 и 27 дней в ходе температуры в Ленинграде обнаружил Л.А.Вительс /3,4/, а кривая спектральной плотности планетной циркуляции, полученная А.С.Мониным /11/ имеет максимум, близкий к 13 дням. Согласно данным А.И.Оль /12/, структура межпланетного магнитного поля может вызывать квазипериодические изменения магнитного поля Земли, с периодами, близкими к 6-7, 9, 13 и 27 дням, что и было установлено Р.Шапиро и Ф.Уорд /32/ при анализе кривой магнитной возмущенности за 1888-1959 гг.

Таким образом, результаты нашего анализа по выявлению периодических составляющих в ряде синхронно полученных ежедневных величин важнейших физиологических параметров организма человека, показателей состояния молекул ДНК в растворах, динамики среднесуточных значений основных индикаторов состояния атмосферы в месте исследования и глобальных изменений возмущенности магнитного поля, а также установленный нами факт аналогичности их изменений, по существу полностью совпадают с выше приведенными данными литературы. Учитывая все это, единый первичный солнечно обусловленный генез всех колебаний представляется несомненным.

Полученные результаты согласуются и с известными исследованиями А.Л.Чижевского, установившего значение многолетних колебаний солнечной активности как определяющих факторов уровня различных проявлений жизни на Земле, и Дж. Пиккарди, показавшего роль таких влияний как причин ежедневной изменчивости физико-химического состояния неравновесных водных систем. По-видимому, единая, космически обусловленная периодичность определенных параметров внешней среды на протяжении многих миллионов лет (еще в абиогенный период) и привела к возникновению таких структурных особенностей молекул нуклеиновых кислот в водной среде, которые лежат в основе периодических автоколебательных явлений основных регуляторных механизмов живого и, кроме того, имеют свойство "запечатлевать" длительно следы весьма слабых энергетических воздействий. В клетке таким колебательным явлениям степени спиральности моле-

кул ДНК может принадлежать исключительно важная роль - они могут быть ответственны прежде всего за количественную сторону реализации генетической информации и обеспечение всех основных проявлений биологических часовых механизмов.

Вопрос о том, какой из параметров внешней среды имеет основную (доминантную) роль в синхронизации многодневных ритмов биологических процессов и внешней среды остается открытым. По-видимому, имеют место две возможности - или несколько определенных факторов обычно синхронизируют как бы независимо процессы регуляции определенных функций в организме, или, что более вероятно, роль такого датчика, как и в случае циркадных ритмов, могут иметь различные по биологической значимости факторы внешней среды, когда их уровень будет достаточно резко во времени отклоняться от обычных средних значений. Но основными, если не решающими, должны быть периодические изменения чувствительности, определяемые фазой внутренних многодневных колебаний, вызванных каким-то предыдущим воздействием, уже осуществившим такую синхронизацию регуляторных (генетических) механизмов определенных клеток.

Известно, что чем проще организована живая система, тем она более зависима от динамики воздействий из внешней среды. Автономность хода часовых механизмов очень сложных систем и относительная ненуждаемость их в частом "сверянии стрелок" с внешними показателями времени может быть связана с наличием большого количества одинаково измеряющих и взаимно связанных аналогичных механизмов, заменяющих до определенного времени даже полное отсутствие необходимых сигналов извне. В обычных условиях среды повторяющиеся через почти правильные промежутки времени отклонения определенных её параметров и будут обеспечивать правильность работы многодневных биологических часов. Таким образом, по-видимому, в обычных условиях жизни эволюционно созданные механизмы саморегуляции клеток (или их "ансамблей"), находясь в соответствующем колебательном режиме, могут обеспечивать оптимальную приспособляемость (и предвидение) наиболее общих биологически значимых изменений среды и вести к явлениям синхронизации отдельных функциональных процессов у большинства особей в конкретных условиях обитания.

Суммируя все выше изложенное, можно заключить, что выявленным многодневным ритмам физиологических процессов может принадлежать основная роль в обеспечении приспособляемости к космически обусловленным закономерностям изменчивости внешней среды, а сами они поэтому могут рассматриваться как один из важнейших факторов эволюции живого мира.

Литература

1. Браун Ф. В кн. "Биологические часы", М., 1964.
2. Бюннинг Э. В кн. "Биологические часы", М., 1964.
3. Вительс Л.А. Солнечная природа атмосферных ритмов. Тр. ЦИП, вып. 51, 1951.
4. Вительс Л.А. Солнечный календарь ультраполярных процессов. Тр. ГГО,90, 1960.
5. Дерер Л. Чехословацкое медицинское обозрение. 2,4,1956.
6. Карапетян Т.Д. и др. В кн. "Колебательные процессы в биологических и химических средах". 2, Пущино-на-Оке, 1971.
7. Ковальчук А.В. "Докл. и сообщ. П конфер. украинск. общ. патофизиологов", Ужгород, 1962.
8. Ковальчук А.В. В сб. "1У Всесоюзная конференция по бионике", 4, М., 1973.
9. Кучеров И.С. Ритмичность трофических процессов в организме человека и животных. Автореф. докт.дисс., Киев, 1971.
10. Лукьянова Л.Д. В кн. "Колебательные процессы в биол. и хим. средах". 2, Пущино-на-Оке, 1971.
11. Монин А.С. Прогноз погоды как задача физики. М., 1969.
12. Оль А.И. В сб. "Чтения памяти Л.С.Берга ХУ-Х1Х", Л., 1973.
13. Пиккарди Дж. Химические основы медицинской климатологии. Л., 1967.
14. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. М., 1968.
15. Федоров В.И. Ритмичность роста. Автореферат докт.дисс., Оренбург, 1964.
16. Чижевский А.Л. Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца. М., 1930.
17. Abbot C.G. Publ. 3893. The Smithsonian Institution, 1947.

18. Abbot C.G. Publ. 4545. The Smithsonian Institution,1963.
19. Aschoff J. Intern. J.Biometeorol., 11, 1967.
20. Brown F.A. American Scientist, 60, 6, 1972.
21. Brown F.A. and al. The biological clock (two views). New-York Acad.Press, 1970.
22. Brahmachary R.L., - Intern. Rev.Cytol., 21,65, 1967.
23. Bünning E. Ann. N.Y. Acad. Sci., 138, 2, 1967.
24. Carter B.L., Halvorson H.O. Exp. Cell. Rez., 76, 1,1973.
25. Clayton H. World Weather. New-York, 1923.
26. Derer L. Sbornik prac lekarskej fakulty univerzity Komenskeho v Kosiciach, 2, 1-2, 1959.
27. Halberg F. and al. Acta Ensocrinol., Suppl. 103, 1965.
28. Konopka R., Benszer S. Sci. News, 100, 14, 1971.
29. Reiman H. A.M.A. Archiv of Internal Medicine. 92,4,1953.
30. Reiman H. Periodic diseases. Philadelphia, 1963.
31. Richter C.P. Biological Closks in Medicine and Psychiatry. (Thomas, Springfield), 1965.
32. Shapiro R., Ward F. J.Geophys. Res., 71, 9, 1966.
33. Wever R. Z.vergl. Physiol., 56, 1967.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 03.00.12;00.16

М.П.ТРАВКИН, Е.А.ДРАГАНЕЦ, Н.В.КУРСЕВИЧ,
А.А.СИРОТИН, Л.В.СИРОТИНА
Белгородский педагогический институт

ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КМА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Исследованиями последних лет установлено, что биологические объекты обладают высокой чувствительностью к магнитному полю и, по-видимому, оно может быть важным экологическим фактором. Поскольку геомагнитное поле не всегда постоянно, т.е. в различные геологические эпохи оно меняется (по напраженности и направлению) и даже отмечены инверсии геомагнитного поля, то это обстоятельство может иметь немаловажное значение в процессе биологической эволюции.

Для доказательства этого положения необходимы специальные исследования. Природа, кстати, сама предоставила нам возможность поставить такой эксперимент в виде уникального явления - Курской магнитной аномалии (КМА). Действительно, в районе КМА (Курская и Белгородская области) вертикальная составляющая геомагнитного поля во многих пунктах превосходит нормальное значение в два-три раза.

С 1966 года нами проводятся исследования по изучению влияния аномального поля КМА на урожайность сельскохозяйственных культур, динамику роста ботвы и корней сахарной свеклы, ориентацию корневых борозд у свеклы и редиса, а также на заболеваемость населения. Одновременно мы проводим лабораторные исследования с использованием установки, моделирующей геомагнитное поле (Травкин, Афошин, 1970).

Как показали исследования, урожай ряда культур - ози-

мой пшеницы, ржи, кукурузы, подсолнечника, однолетних трав в аномальных районах достоверно ниже урожая в районах с нормальным полем. Урожай картофеля, наоборот, имеет более высокие показатели в аномальных районах (Травкин, 1969).

Интересно отметить, что изучение распределения в почвах Белгородской области подвижного фосфора и обменного калия показало достоверное увеличение содержания Р в почвах аномальных районов области (Старо-Оскольский узел магнитных аномалий) в сравнении с нормальными. Урожайность и содержание подвижного фосфора и обменного калия можно было бы связать с магнитными свойствами самих почв, однако определение магнитных свойств почв не выявило достоверной корреляции с аномалиями.

Изучение динамики роста ботвы и корней сахарной свеклы и накопление сахаров выявили определенную зависимость между напряженностью геомагнитного поля и указанными показателями. Так, оказалось, что в аномальных районах рост корней отстает от роста в нормальных районах (достоверно при уровне значимости Р 0,05). При более низком значении Р достоверно снижение роста ботвы в аномальных районах. Однако по содержанию сахаров свекла, выращенная в разных геомагнитных условиях не имеет различий между собой. Вместе с тем имеется достоверная разница в содержании сахаров у свеклы, выращенной в Белгородской, Курской и Орловской областях (аномальная зона), в сравнении с Тамбовской, Воронежской и Липецкой ("нормальная" зона); в "нормальной" зоне свекла содержит достоверно больше сахаров.

Изучение заболеваемости населения в районе КМА указывает на определенную связь аномальных районов с заболеваемостью по некоторым нозологическим единицам (активный ревматизм сердца, нарушения центральной нервной системы (ЦНС) гипертоническая болезнь и др.). Для нарушений ЦНС установлена положительная корреляция, для других заболеваний корреляция отрицательная.

В течение трех лет нами (Новицкий, Травкин, 1970, 1971) исследовалось явление ориентации корневых борозд у сахарной свеклы в условиях аномального поля КМА. Эти исследования выявили определенную зависимость между направле-

ниями магнитного меридиана и ориентацией корневых борозд. Так, оказалось, что почти у половины всех исследуемых растений корневые борозды ориентированы в направлении север-юг, у одной четверти - ЗВ, остальные направления распределяются между СЗ-ЮВ и СВ-ЮЗ, а также "уродами" (корнеплодами, имеющими ассиметричное строение).

Чтобы установить природу такого распределения, мы поставили серию опытов с редисом, отобрав определенные "типы" растений (определенное направление корневых борозд) и скрещивая их "в себе" (т.е. внутри "типа"). Полученные к настоящему времени данные говорят пока о том, что потомство всех четырех "типов" растений дает корнеплоды со всеми типами ориентации и в таких же соотношениях, т.е. едва ли реально существуют такие биотипы, которые давали бы только северо-южную ориентацию корневых борозд, западно-восточную и т.п. Повидимому, следует искать причину ориентации в другом.

Лабораторные исследования, проводимые нами с использованием слабых магнитных полей, а также полей, ослабленных экранировкой, показывают высокую чувствительность растений к магнитному полю.

При экранировке поля ($0,5\text{-}10^{-3}$ э) угнетается рост растений ячменя и проса, повышается интенсивность дыхания ячменя, уменьшается содержание воды в проростках проса.

Растения определенным образом реагируют на обработку семян слабопульсирующим магнитным полем (0,05-0,Iэ) в течение 2-х суток. Проростки образуют больше боковых и придаточных корней, содержат больше воды, ускоряется их развитие (Сиротина и др., I97I).

Слабое магнитное поле (0,Iэ) оказывает влияние на активность амилазы и образование растворимых форм углеводов, которое проявляется в активности амилазы, накоплении моносахаров и сахарозы.

Аналогичное влияние оказывают слабые магнитные поля (0,I и 30 э) на дыхательный процесс и активность дыхательных ферментов, в частности на активность каталазы в проростках ячменя. Ослабленное магнитное поле ($0,5.10^{-3}$ э) также изменяют активность каталазы, вызывая ее повышение по сравнению с контролем.

Наши исследования показывают, что растения реагируют на слабые магнитные поля изменением биоэлектрической активности (Травкин, I972, I973). Предварительная экспозиция растения (Сеткреазия пурпурная) в постоянном магнитном поле (4I5 э) и пульсирующим магнитном поле (30 э) заметно изменяет биоэлектрическую реакцию на слабое магнитное поле напряженностью от 0,I до I,7 э. Переменная составляющая биоэлектрического потенциала сеткреазии, находившейся в течение I0 дней в постоянном магнитном поле 4I5 э и пульсирующем магнитном поле 30 э, резко уменьшает активность по сравнению с контролем.

Приведенные нами экспериментальные данные показывают, что растения могут реагировать на аномальное магнитное поле и слабые искусственные магнитные поля разнообразными сдвигами, проявляющимися как в ростовых процессах, так и в процессах обмена веществ. Однако нами обнаружены и другие разнообразные изменения, которые проявляются спустя некоторое время после прекращения действия магнитного поля. Все это еще раз указывает на то, что магнитное поле, возможно, является одним из экологических факторов, и, повидимому, играет роль в эволюционном процессе.

Литература

Новицкий Ю.И., Травкин М.П. - В кн. Материалы науч.-метод. конфер. Белгородского пед. ин-та, 73, Белгород, I970.

Сиротина Л.В., Сиротин А.А., Травкин М.П. Реакц. биолог. систем на слабые магн. поля. М. I97I.

Травкин М.П., Афошин В.С. Матер.науч.конфер., Белгород, I970.

Травкин М.П. Ж.Физ.раст., т.I9 в. 2, I972.

Травкин М.П. Ж. Биофизика, т. I8 в. I, I973.

Научный Совет по проблеме
"Пути и закономерности исторического развития
животных и растительных организмов"

Палеонтологический институт АН СССР

КОСМОС
И
ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ

Материалы Совещания
"КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И
ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА"

часть II

Ответственные редакторы
Н.Н.Крамаренко и А.Л.Чепалыга

Москва
1974

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 03.00.16

М.П.ТРАВКИН, А.Ф.КОЛЧАНОВ
Белгородский педагогический институт

РЕЛИКТОВЫЕ РАСТЕНИЯ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И АНОМАЛЬНОЕ ПОЛЕ КМА

Белгородскую область ботаники иногда называют "страной живых ископаемых". Здесь, на ее территории, на меловых обнажениях и в степях, начиная с 1836 года, и почти до середины нашего века был обнаружен ряд реликтовых растений, сохранившихся с третичного периода и встречающихся лишь в горных районах нашей страны и Западной Европы.

Наиболее интересные из этих реликтов - это волчеягодник Софии (Daphne Sophia), меловая сосна (Pinus cretacea Kalin.,), дремник темнокрасный (Epipactis atrarubeus), пыльцеголовник красный (Cephalauthera rubea), смолевка меловая (Silene cretacea), норичник меловый (Scrophularia cretacea), льнянка меловая (Lineria cretacea), осока низкая (Carex humilis), под"ельник обыкновенный (Hypopytis miltiflora), грушанка обыкновенная (Pyrola secunda) и др.

Остатки боров на мелу сохранились в настоящее время в Корочанском районе близ сел Чураево и Архангельского, Петровки, Дмитровки; в Ново-Оскольском районе между селами Песчанка и Слоновка (лес "Стенки-Изгорье"); в Валуйском районе у села Борки, Мандрово; в Ровеньском по реке Айдар.

"Ямская степь" с типично разнотравно-луговой флорой содержит немало реликтовых растений. К ним принадлежат: овсец степной (Helitotrichon desertarum), ковыль красивейший (Stipa pulcherrima), чина клубненосная (Lothyrus tuberosus), лук метельчатый (Allium paninulatum) и другие виды.

Интересные виды-реликты имеются на склонах типа "сниженных альп", распространенных в Алексеевском районе, а также в бассейне р.Оскол.

Каково происхождение этих реликтов? Почему именно здесь, в этих местах центральной России сохранились формы, которые можно встретить в отдельных горных районах?

По мнению Д.И.Литвинова (I902) мел и известняк являются древнейшим субстратом, ставшим убежищем растительности в ледниковый период. В.Талиев (I904) полагал, что реликты - результат деятельности человека; Дубянский (I903) также связывает наличие эндемов с мелом.

Однако, не может ли быть иного об"яснения? Если сопоставить карту магнитных аномалий с картой распространения реликтовых растений в Белгородской области, то мы обнаружим удивительное совпадение. Так, наиболее мощной аномалией в области является Старо-Оскольский узел магнитных аномалий, который тянется несколькими тяжами через г.Губкин, Старый-Оскол, Новый Оскол, Чернянку, Алексеевку и доходит до Валуек. Именно к этому району приурочены многие виды реликтов. Ряд реликтов (волчеягодник Софии, меловая сосна и некоторые другие) обнаружены в районе Шебекино, где проходит тяж Белгородского узла магнитных аномалий.

Случайны ли такие совпадения? С нашей точки зрения это может быть и не случайно, если учесть высокую чувствительность растений к магнитному полю, способность растений адаптироваться к этому фактору, а также то, что магнитное поле может быть экологическим фактором.

Мы далеки от того, чтобы категорически утверждать это, но сама постановка такого вопроса не лишена основания.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

А.П,ДУБРОВ
Институт физики Земли АН СССР

ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МИКРО- И МАКРОЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В БИОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

I. Эволюционное развитие органического мира происходило при постоянном воздействии физических факторов внешней среды. Из большой совокупности этих факторов (световые, температурные, радиационные, электромагнитные и другие), по-видимому, только гравитация и геомагнитное поле действовали и продолжают до настоящего времени оказывать влияние на эволюционное развитие живых организмов /I,2/.

2. Влияние космических факторов на ход эволюционного процесса имеет двоякий характер. С одной стороны, периодическое изменение действия космических факторов приводит к долгопериодным колебаниям в уровне численности живых организмов. Естественно, эти изменения отражаются на морфофизиологической изменчивости популяций, пополняя эволюционный фонд и соответственно ведут к образованию новых разновидностей и видов. Наряду с такими долгопериодными колебаниями известны изменения геомагнитного поля, при которых происходит смена знака полюсов (т.н. полярные инверсии). Они могут вызывать резкие изменения в видообразовании, механизм которых пока неизвестен. Но в исследованиях, проведенных палеонтологами совместно с геологами, отмечено, что с некоторыми инверсиями совпадают изменения видового состава фауны в биосфере (радиолярии и фораминиферы). Долгопериодные изменения связаны с действием гравитации и постоянного геомагнитного поля и, следовательно, они могут

обуславливать ход эволюционного развития и его темпы. На основании работ проф.И.М.Пудовкина /3/ о дрейфе суб"ядра Земли и проф.А.В.Шнитникова /4/ об увлажненности материков северного полушария можно заключить, что такие колебания имеют период в 1200 - 1800 лет; мы указываем такие колебания, достоверность которых, на наш взгляд, может быть проверена на палеонтологическом фаунистическом материале, ритмы бо́льших периодов существуют, но плохо поддаются экспериментальной проверке. Долгопериодные изменения геофизических факторов приводили к периодическим (а в инверсиях к внезапным) изменениям климатических условий и к соответствующей смене эволюционных эпох в развитии органического мира.

3. С другой стороны, следует учитывать влияние геофизических факторов на микроэволюционные процессы. Как известно, в популяции любых живых организмов отмечается определенный уровень спонтанного мутирования как на генном, так и на хромосомном уровне. В последнее время обнаружены новые факты, которые по-новому освещают роль геофизических факторов в эволюции. Во-первых, Р.Л.Берг /5/ обнаружила полное сходство по годам динамики мутационных изменений у человека и дрозофилы. Это указывает на то, что спонтанное мутирование находится под влиянием какого-то единого глобального фактора. Во-вторых, нами было показано, что генетические мутационные процессы на разных уровнях (генный, хромосомный) зависят от изменений геомагнитного поля. Эту зависимость обнаруживают инверсии хромосом, колебания частоты определенных генов, хромосомные аберрации, т.е. все процессы, которые определяют с генетической точки зрения возможность микроэволюционных процессов и, как следствие этого, возможности образования новых видов. По нашему мнению, изменениями переменного геомагнитного поля можно об"яснить происходящие в настоящее время микроэволюционные процессы: внезапность появления новых типов и смена вариантов вирусных возбудителей, колебания в различные годы генетических нарушений у человека и животных и т.д. Следует отметить, что экспериментальная проверка, проведенная с компенсацией геомагнитного поля подтвержда-

ет роль геомагнитного поля как важного фактора генетического гомеостазиса: снижение уровня естественного поля до 0,05 э вызывала мутации, приводящие к отклонению в соотношении полов у дрозофилы /6/.

4. Таким образом, можно сделать вывод, что геофизические факторы оказывают как прямое, так и косвенное влияние на течение эволюционного процесса в развитии органического мира на Земле. Для более углубленной разработки вопроса следует изучить влияние гравитационных и геомагнитных полей на генетические процессы (мутабильность), а также провести анализ изменения видового состава фауны в различных географических точках, где четко отмечаются инверсии геомагнитного поля. Для об"яснения различий в ответной реакции видов на геомагнитные инверсии следует провести изучение диссимметрической принадлежности этих видов, что позволит с новых позиций рассмотреть роль космических и геофизических факторов в развитии организмов прошлого. Следует также изучить долгопериодные изменения численности и видового состава низших животных форм в илистых отложениях, поскольку эти материалы могут дать новые факты о возможной связи эволюции с гравитационным влиянием Луны и других планет, а возможно, и с действием других космических и геофизических факторов.

Литература

I. Simpson J.F. Geol. Soc. Amer. Bull., 77, N 2, p. I97, I966.

2. Дубров А.П. Сб. Чтения памяти Л.С.Берга, ХУ-XIX, Л., 233, I973

3. Пудовкин И.М., Валуева Г.Е. Сб. Чтения памяти Л.С.Берга, ХУ-XIX, Л., "Наука", I95, I973

4. Шнитников А.В. Зап.Географич. общ.СССР, I6, нов.сер. М.-Л., I957

5. Берг Р.Л. Динамика мутационного процесса у человека и дрозофилы. Доклад на секции генетики Моск.об-ва исп. природы. М. I97I

6. Tegenkampf T.R. - In: "Biological effects of magnetic fields", 2, p. I89, N.-Y., "Plenum Press", I969

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРАГНИЗМОВ"

УДК 591.544;576.1

Л.Д.КИСЛОВСКИЙ, Б.М.ВЛАДИМИРСКИЙ
Институт кристаллографии АН СССР,
Крымская астрофизическая обсерватория

О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ВЛИЯНИЯ ИНВЕРСИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭВОЛЮЦИЮ БИОСФЕРЫ

Как показано работами последних лет, электромагнитные поля и их низкочастотные вариации являются, возможно, важным условием существования и развития жизни в биосфере /I/ К таким выводам приводят наблюдения корреляций тех или иных событий в биосфере с всплесками низкочастотных природных полей, связанных с солнечной активностью, в частности, широко известные статистические данные по сердечно-сосудистым и транспортным катастрофам /2/. Об этом же говорят результаты опытов в объемах с компенсированным геомагнитным полем /3/ и исследования, в которых изучалось влияние имитации геомагнитных пульсаций на организм – от микроорганизмов до млекопитающих и человека /4/.

Характерной особенностью воздействия всплесков малой интенсивности ультранизкочастотных полей является зависимость биологических последствий от частоты и интенсивности воздействия. В частности, доктором Людвигом в серии убедительных опытов /5/ было показано, что давно известное действие атмосфериков (удаленных гроз) на организмы связано с влиянием ультранизкочастотных пульсаций модулирующих частоту атмосфериков. Частота атмосфериков лежит, как известно, в области десятков килогерц, а пульсации имеют частоты от нескольких герц до тысячных долей герца. Так как ультранизкочастотные пульсации существенно сказы-

ваются на организмах биосферы причем характеристичными являются как частоты так и интенсивности /6/, то изменения условий появления этих пульсаций должны резко сказаться на обитателях биосферы.

Современные успехи по исследованию ближнего космоса позволяют однозначно утверждать, что геомагнитные пульсации связаны с собственными частотами магнитосферы и ионосферы Земли /7/. Как известно, магнитосфера Земли порождается взаимодействием солнечного ветра (корпускулярного потока идущего от Солнца) с магнитным полем Земли. При уменьшении магнитного поля Земли магнитосфера должна уменьшиться и собственные её частоты должны смещаться в сторону высоких частот.

За последние десятилетия совместными усилиями геофизиков и палеонтологов было показано, путем изучения остаточной намагниченности осадочных пород, что за геологические периоды не только смещались геомагнитные полюса и менялась напряженность геомагнитного поля, но и происходила смена знака магнитных полюсов. При этих сменах знака, получивших названия инверсий геомагнитного поля, напряженность геомагнитного поля проходила практически через нуль, что должно было приводить к исчезновению магнитосферы /8/. С другой стороны уже давно /9/ было обращено внимание на то, что с инверсиями весьма близко совпадают резкие изменения видового состава фауны. Особенно наглядны эти совпадения с глобальной сменой видового состава морских простейших: радиолярий /I0/ и фораминифер /II/. Первоначальное представление о возрастании числа мутаций обусловленном увеличением интенсивности доходящих до поверхности Земли космических лучей при снижении геомагнитного поля было позже пересмотрено после соответствующих прикидок /I2/. Таким образом вопрос о механизме влияния инверсий геомагнитного поля на смену видового состава обитателей биосферы в настоящее время остается открытым и естественно обратить внимание на роль геологически быстрых изменений частот геомагнитных пульсаций при перестройках магнитосферы, связанных с радикальными изменениями геомагнитного поля.

Благодаря высокой и специфической биологической значимости геомагнитных пульсаций изменения их частот и интенсивностей должно наиболее сильно повлиять на виды наилучше адаптированные к условиям внешней среды, т.е. высокоспециализированные виды /I3/.

С другой стороны развиваемые на основе анализа большой совокупности современных физико-химических и биологических данных представления о молекулярном механизме воздействия электромагнитных пульсаций на физико-химические и биологические водные системы допускают возможность и генетических последствий таких пульсаций за счет свободных радикалов, возникающих при распаде метастабильных образований в водных средах /I4, I5, I6/. Центральным моментом в этих представлениях /I5, I6/ являются изменения под действием электромагнитных пульсаций условий гидратации ионов кальция из-за уменьшения коллектива молекул воды с которыми он взаимодействует. При достаточно долгом взаимодействии иона с малым коллективом за счет установления донорно-акцепторных связей может образовываться гексаакваномплекс кальция $[Ca(H_2O)_6]^{2+}$. Этот комплекс, благодаря соответствию своих размеров возможным полостям структуры воды, может сохраняться в водной среде до 20 часов, как метастабильное образование. Установление донорно-акцепторной связи означает в данном случае, что молекулы воды (доноры) отдают на достраивающуюся орбиту иона кальция (акцептора) по одному электрону с помощью которых устанавливается ковалентная связь в комплексе. Благодаря характеру этой связи при распаде метастабильного комплекса вероятен уход молекул воды без электрона. При этом происходит реакция известная из радиобиологии:

$$H_2O^+ + H_2O \rightarrow OH^* + H_3O^+$$

При дальнейшем распаде ион кальция отдает лишние электроны, которые немедленно гидратируются. Далее наблюдаются следующие реакции:

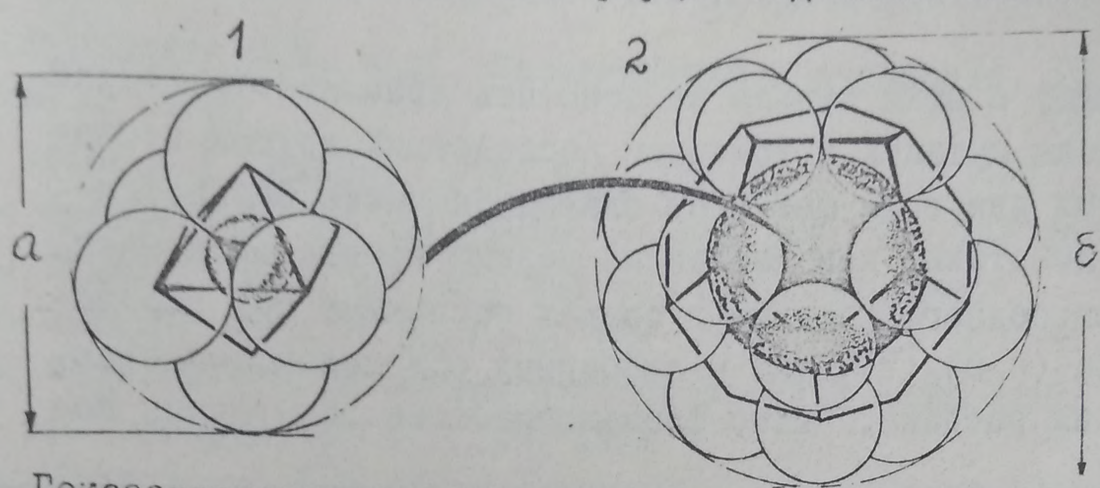
$$H_2O^- \rightarrow H^* + OH^-$$

$$H^* + O_2 \rightarrow HO_2^*$$

... и т.п.

В этих реакциях образуются свободные радикалы OH^*, H^*,

HO_2^*, способность которых вызывать мутации доказана в радиобиологии. Таким образом слабые воздействия, геомагнитные пульсации, будучи приложены к организованным молекулярным коллективам могут вызвать тот же эффект, что и жесткие кванты, непосредственно рвущие отдельные связи.



Гексааквакомплекс кальция и его стабилизация в полости додекаэдрической структуры воды

I. Октаэдр: $[Ca(H_2O)_6]^{2+}$; a = 5,2 Å

2. Додекаэдр: $\{[Ca(H_2O)_6] \cdot 20\,H_2O\}^{2+}$ б = II Å

Изменение интенсивности и частот геомагнитных пульсаций происходит, естественно, не только из-за изменений геомагнитного поля Земли, но и из-за резких изменений корпускулярного потока, идущего от Солнца (из-за всплесков и порывов Солнечного ветра), по ходу изменений солнечной активности. Благодаря этому должны происходить соответствующие возмущения и в биологических процессах. Для полосы частот 0,5-5 герц наибольшее число геомагнитных возмущений приходится на периоды возрастаний и спадов солнечной активности. В свете изложенного интересно отметить, что частота возникновения мутаций в разобщенных районах, по наблюдениям Р.Л.Берг с сотрудниками, меняется синхронно, как для дрозофил так и для человека /I7/. Другим интересным в этой связи фактом является многолетний ход рождаемости младенцев с синдромом Дуана, по австралийским данным обнаруживший цикличность близкую к II-летней /I8/. При обсуждении этих данных, как подчеркивает Р.Л.Берг /I7/, нет оснований полагать только непосредственное действие "загадочного фактора" на дрозофил и человека. Фактору

достаточно было вызывать лишь небольшое повышение частоты возникновения мутаций у микроорганизмов, а далее мог сработать могучий биологический усилитель - отбор, если мутанты получили большие возможности проникать в клетки многоклеточных, вызывая у них мутации. Способность вирусов и фагов вызывать мутации достаточно известна в настоящее время.

Наряду с этим нельзя не отметить возможности возрастания числа мутаций и усиления последствий других неблагоприятных для вида факторов благодаря чисто физиологическому действию, как внезапных резких изменений концентрации свободного кальция в средах организма при образовании $[Ca(H_2O)_6]^{2+}$, так и свободных радикалов, возникающих при их распаде. Чисто физиологические возмущения могут создать благоприятные условия для проникновения в организмы того или иного штамма мутогенных микроорганизмов, после чего срабатывает биологический усилитель - отбор. Подобная картина возникает, по-видимому, и для патогенных вирусов гриппа, приводя к связанным с солнечной активностью пандемиям /I9/.

На основе всего вышеизложенного при интерпритации механизма смены видов при полярных инверсиях следует не оставлять без внимания возможные влияния резких изменений сверхнизких частот геомагнитных пульсаций, так как есть основания полагать, что такие пульсации весьма биологически активны.

Литература

1. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М., "Наука", 1968.
2. "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли" М., "Наука", 1971.
3. Холодов Ю.А. Человек в магнитной паутине. М., "Знание", 1972.
4. Владимирский Б.М. и др. "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли", 224.
5. Ludwig W. et all, Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser B, 16, 235, 251. 1968 - Intern. J.Biometeor, 12, 93, 1968

6. Плеханов Г.Ф. Материалы 2-го Всесоюзного совещания по изучению влияния магнитных полей на биообъекты. М., I969.

7. Ваньян Л.Л. и др. Геомагнитные пульсации. М., "Наука", I973.

8. Бурлацкая С.П. и др. Геомагнетизм и аэрономия. I0, 694, 878, I970.

9. Uffen K.I. Nature, 198, 143, 1963

I0. Opdyke N.D. et all, Science, 154,349,1966;158,I00I,1967

II. Berggren W.A. et all, Nature, 216, 253, 1967

I2. Waddington C.J. Science, 158, 913, 1967

I3. Федоров Е.С. Известия С-Петербургской Биол. лаб. п/р пр.Лесгафта. 8, № I, 25, I906.

I4. Кисловский Л.Д. Структура и роль воды в живом организме. сб. I, I7I, ЛГУ, Ленинград, I966.

I5. Кисловский Л.Д. ДАН СССР I75, I277, I967

I6. Кисловский Л.Д. сб. "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли" I47

I7. Берг Р.Л., Давиденков С.Н. Наследственность и наследственные болезни человека. Л., "Наука", I97I.

I8. Steller A., Collmann R.D. Nature, 208, 903, I965

I9. Ягодинский В.Н. и др. сб. "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли" 8I.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 551.24

Н.Ф.БАЛУХОВСКИЙ
Институт геологических наук
АН УССР

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕКТОГЕНЕЗА КАК ФАКТОРА ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ

Причины внезапного появления, расцвета и вымирания многих растений и животных еще не получили удовлетворительного объяснения. Влияние широко известных факторов, таких как: изменение климата, ландшафтных зон, состава атмосферы, конфигурации морей и океанов, интенсивности вулканизма, – представляется вполне реальным, но все же недостаточным. Установлено, что уничтожение тех или иных групп организмов бывает приурочено к сравнительно кратковременным этапам геологического времени, совпадающим с тектоническими фазами. Например, вымирание динозавров, птерозавров, бронтозавров, ихтиозавров, мозазавров и аммонитов приурочено к ларамийской фазе. Тетракораллы, бластоидеи, палеокриноидеи, гониатиты – гибнут в течение заальской (предверхнепермской) тектонической фазы. Несколько дольше, до пфальцской (предтриасовой) фазы протягивается существование палеозойских родов фораминифер, табулят, строматопорид, пентамерид, продуктид и ортид. На границе силура и ордовика в таконскую фазу вымирают цистоидеи, карпоидеи, текоидеи; сильно сокращаются трилобиты, исчезают роговые брахиоподы. Появление крупных групп растений, – лепидоденронов, сигиллярий, птериосперм, кордаитов и каламитов, относится к концу верхнего девона и совпадает с бретонской тектонической фазой. Аналогичных примеров можно привести много, и они показывают неразрывную связь эволюции органического мира с этапами геологического развития Земли.

Цикличность геологических процессов и космические факторы

Каждый биоценоз соответствует определенному этапу или циклу развития Земли. В геологии время - это цикл, и мыслить надо циклами. Периодичность времени - важнейший закон природы. Анализ палеоседиментационных условий на фоне периодичности необходим не только в геотектонике, но и в палеонтологии. Ряд исследователей (В.А.Зубаков, Г.Ф.Лунгерсгаузен, Р.Г.Тамразян, А.В.Шнитников и др.) принимают за источник периодических процессов - космические факторы. Солнце, солнечная система и вообще Вселенная пульсируют, и эти пульсации находят прямое отражение в ритмах осадконакопления, в ритмичном характере климатических колебаний, в периодической разрядке тектонических напряжений, в циклах магматизма и т.д. Наблюдается прямая связь космической периодичности с геологической.

Пульсации вещества начинаются с Солнца. Солнечная активность обнаруживает регулярную ритмичность в II лет; магнитная полярность солнечных пятен охватывает 22 года. В глубоких недрах Солнца температура порядка 20 миллионов градусов, а в фотосфере 6000^{o}К. В слоистой структуре Солнца поток гамма-излучения прерывисто продвигается к поверхности. Силы гравитации, направленные к центру, и встречный поток гамма-излучения, направленный от центра Солнца, при своем взаимодействии образуют более продолжительные ритмы солнечной активности в 83, I69, 600 и 900 лет. Интегральный ритм Солнца, равный I800-2000 годам /6/, соответствует периодическим изменениям подвижных элементов ландшафта Земли, увеличению стока рек и повышению уровня озер. Среди последующих ритмов В.А.Зубаков и Н.Н.Краснов /3/ указывают на достоверность 40 000-летнего климатического ритма, состоящего из двух полярных полуритмов по 20 000 лет, соответствующих прецессионному ритму и ритму наклона эклиптики. В угольных бассейнах фиксируется ритм в 40 и I20 тысяч лет. Ритмы в 20, 40 и I20 тысяч лет вызываются возмущениями планет и относятся к классу планетарных. Следующую иерархию

ритмов и циклов более высокого класса (з в е з д н ы х) начинает м е з о р и т м В.А.Зубакова /2/ , длительностью в 360-370 тысяч лет. Мезоритм находится в основании сильной в тектоническом значении группы ритмов и циклов продолжительностью в 3,6.I0^{5}; 7,2.I0^{5}; 2,I6.I0^{6} лет. Специфическим свойством мезоритма Зубакова является чуткая реакция на фазы тектогенеза в виде характерных регрессивных орогенных мезоритмов. По орогенным мезоритмам часто можно подсчитать продолжительность отдельных тектонических фаз.

Основой следующей группы циклов составляет м а к р о - ц и к л , продолжительностью 8,6.I0^{6}лет (табл.I). Он входит в иерархию энергетически наиболее мощных циклов: 8,6.I0^{6}; 3,44.I0^{7}; I,72.I0^{8} лет. Ц и к л о п е р и о д у в 3,44.I0^{7} лет большое значение в геологических процессах придает Н.М. Страхов /4/. Глобальное проявление г а л а к т и ч е с к о - г о г о д а отмечается многими исследователями. Приведенные в табл.I цифры длительности ритмов и циклов действительны для антропогена. Наблюдается систематическое увеличение длительности галактического года вглубь геологического времени. Например, фанерозой содержит 3 галактических года: каледонский 264 млн. лет, герцинский 239 млн. лет и альпийский I80 млн. лет /I/. Пропорционально галактическому году изменяется продолжительность ритмов и циклов. В геологической летописи четко фиксируется в порядке убывающей длительности и тектонической эффективности галактические годы, циклопериоды, макроциклы, мезоциклы, циклы, макроритмы, угольные и флишевые ритмы. В эволюции органического мира важнейшее значение имеет м а к р о ц и к л продолжительностью в фанерозое 8,6-I3,0 млн. лет (табл.I).

В интересной статье А.Л.Яншина /7/ утверждается, что каждый макроцикл якобы трансгрессивен по отношению к нижележащим слоям. Однако нами всегда подчеркивалось, что макроциклы не универсальны /I/.

Погружение одной зоны и воздымание другой часто происходит синхронно и вызывается механизмом волновых движений земной коры. Миграция геосинклинальных режимов в подвижных областях обычно бывает приурочена к границам макроциклов, что также свидетельствует о сопряженности поднятий одних

Таблица I

Циклопериоды, макроциклы и тектонические фазы фанерозоя

Циклопериод	Макроцикл	Геологическое летоисчисление	Абсолютный возраст по цикличности	Тектонические фазы
1	2	3	4	5
		АЛЬПИЙСКАЯ ЭПОХА		
		Четвертичный период	0-0,8	Валахская 2 (посаденская)
		<u>Неоген</u>		
	I.	Плиоцен и меотис	0,8-9,45	Роданская (предакчагыльская)
I				Аттическая (предплиоценовая)
	2.	Сармат	9,45-I8,I	
	3.	Тортон	I8,I-26,7	Штирийские (предгельветская и предтортонская)
	4.	Ранний миоцен	26,7-35,4	
		<u>Палеоген</u>		Савская (преднеогеновая)
	5.	Олигоцен	35,4-44,I	Пиринейская (предолигоценовая)
П	6.	Верхний эоцен	44,I-52,8	
	7.	Ранний и средний эоцен	52,8-6I,5	
	8.	Палеоцен	6I,5-70,2	Новоларамийская

I	2	3	4	5
		Позднний мел		Ларамийская
	9.	Маастрихт-дат	70,2-78,9	Древнеларамийская
Ш	I0.	Поздний сантон-кампан	78,9-87,6	Субгерцинская (предпозднесантонская)
	II.	Коньяк-поздний сантон	87,6-96,4	
	I2.	Сеноман-турон	96,4-I05,2	Новоавстрийская (предсеноманская)
		Ранний мел и юра		
	I3.	Альб	I05,2-II4,2	Древнеавстрийская
IУ	I4.	Апт	II4,2-I23,3	Лудогорская (предаптская)
	I5.	Готерив-баррем	I23,3-I32,7	
	I6.	Титон-валанжин	I32,7-I42	
		Юрский период		Новокиммерийская (предраннемеловая)
	I7.	Кимеридж-келовей	I42-I5I,7	Андийская
				Предкелловейская (чегемская)
У	I8.	Бат-байос	I5I,7-I6I,4	
	I9.	Аален-поздний лейас	I6I,4-I7I,2	Донецкая (предпозднелейасовая)
	20.	Средний и ранний лейас	I7I,2-I8I	

I	2	3	4	5
		ГЕРЦИНСКАЯ ЭПОХА		Древнекиммерийская (предюрская)
		Триасовый период		
	2I.	Поздний триас	I8I -I9I,9	
	22.	Средний триас	I9I,9-202,9	
УI	23.	Ранний триас	202,9-2I3,9	
	24.	Ранний триас	2I3,9-225	
		Пермский период		Пфальцская (предтриасовая)
	25.	Поздняя пермь	225,0-236,4	
УП	26.	Поздняя пермь	236,4-247,8	Заальская (предраннепермская)
	27.	Ранняя пермь	247,8-259,4	
	28.	Ранняя пермь	259,4-27I	
		Каменноугольный период		Астурийская П
	29.	Поздний карбон	27I-282	Астурийская I (предпозднекарбоновая)
УШ	30.	Средний карбон (Московский век)	282-294	
	3I.	Средний карбон (Башкирский век)	294-306	Судетская (предсреднекарбоновая)
	32.	Поздний визе-намюр	306-3I9	
		Каменноугольный и девонский периоды		
	33.	Этрень, турне, ранний визе	3I9-33I,5	Бретонская (предкарбоновая)
	34.	Фаменский век	33I,5-344	

1	2	3	4	5
IX	35.	Франский век	344 - 356,5	
	36.	Живетский и эйфельский века	356,5- 369	
X		Девонский и силурийский периоды		
	37.	Кобленцский век	369,0-381,7	
	38.	Жединский век	381,7-394,4	Эрийская (преддевонская)
	39.	Поздний силур	384,4-407,2	Арденская (преддаунтонская)
	40.	Ранний силур	407,2-420	
		КАЛЕДОНСКАЯ ЭПОХА		Таконская (предсилурийская)
XI	41-44	Ордовик	420 - 472	
XII	45-48	Поздний кембрий	472-- 525	Салаирская
XIII	49-52	Средний кембрий	525 - 578	
XIV	53-56	Ранний кембрий	578 - 631	
XV	56-60	Венд	631 - 684	Байкальская

областей с опусканием других.

Каждые четыре макроцикла объединяются в циклопериод длительностью 34,4-53 млн.лет. Тектонические фазы, как правило, проявляются на грани циклопериодов и макроциклов. Кульминационные тектонические движения и горообразования фиксируются на контактах циклопериодов, к этому же времени относятся сильнейшие похолодания, оледенения и преобразования органического мира.

Некоторые исследователи (Г.Ф.Лунгерсгаузен, Г.П.Тамразян и др.) отмечают изменение интенсивности солнечной радиации и гравитационного потенциала Земли в течение галактического года при перемещении солнечной системы по своей орбите вокруг галактического ядра. С галактическим годом связана существенная перестройка физико-географических ландшафтов Земли. Различают звездный галактический год (продолжительностью 210-220 млн.лет) и аномалистический галактический год - 170-176 млн. лет, - последовательное прохождение солнечной системы через ближайший к центру Галактики участок орбиты. Тектоническое и палеогеографическое развитие Земли определяется пятью "с е з о н а м и " аномалистического галактического года (табл.2). Первая половина галактического года характеризуется тремя волновыми движениями нарастающей амплитуды, фиксирующимися в виде трех планетарных трансгрессий. Наиболее крупная 3-я была названа С.Н.Бубновым инундацией. Вслед за инундацией наступает этап интенсивного горообразования или дифференциации. Заканчивает галактический год этап регрессии. Как видно из таблицы 2, каждый галактический год или мегацикл фанерозоя содержит по пять циклопериодов.

Помимо движения по галактической орбите солнечная система совершает циклические колебания, перпендикулярные плоскости Галактики. С пересечением галактической плоскости связан наиболее интенсивный орогенез. Вследствие этого, в галактическом мегацикле различаются крупные тактонические этапы, - доорогенный, орогенный и посторогенный, содержащие каждый по два циклопериода. Наиболее мощные тектонические фазы сосредоточены в орогенном этапе. Тектонические фазы укладываются в схему циклических подразделений как побочное

Орогенические эры и тектонические этапы

Орогенические эры	Тектонические этапы					Галактические годы, млн.лет
	Доорогенный		Орогенный		Посторогенный	
	Колебательные движения					
	I-ая трансгрессия	2-ая трансгрессия	3-ая трансгрессия	Дифференциация	Регрессия	
Альпийская	I	Cr_1	Cr_2	Pg	N	I8I-0,8
Герцинская	$S - D_1$	$D_2 - C_1{}^{V_1}$	$C_1{}^{V_2} - C_3$	P	T	420-I8I
Каледонская	Венд	Cm_1	Cm_2	Cm_3	O	684-420

явление. Региональные фазы тектогенеза, которые возможно будут еще открыты, должны совпадать во времени с контактами макроциклов.

Ритмостратиграфический анализ в ряде случаев предоставляет возможность довольно точного определения продолжительности тектонических фаз. Дело в том, что однообразные по набору пород параллические мезоритмы под воздействием тектонических фаз трансформируются в регрессивные континентальные или мористо-континентальные со следующим набором пород (снизу): I/ песчаник разнозернистый, косослоистый, часто с линзами гравия, мощностью 40-60 м; 2/ глина плотная с прослоями известняка, мощностью 8-15 м. Подобные "орогенные" мезоритмы прослеживаются в Доно-Днепровском прогибе на грани раннего и позднего визе, позднего карбона и перми, бата и келовея. Это соответствует судетской, астурийской и чегемской (адыгейской) тектоническим фазам. Каждую из перечисленных тектонических фаз фиксируют 3-4 орогенных мезоритма. Абсолютная продолжительность мезоритмов оценивается следующим образом: в раннем карбоне 520 тыс.лет, в позднем - 420 тыс.лет и в средней юре - 403 тыс.лет. Исходя из числа орогенных мезоритмов, длительность судетской тектонической фазы оценивается в I,6-2,I млн.лет, астурийской I,38 млн.лет и чегемской - I,2I млн.лет. Революции в органической и неорганической природе, сопровождавшиеся вымиранием организмов, продолжались многие сотни тысяч лет. Концентрация орогенных мезоритмов бывает приурочена к границам макроциклов.

С физической стороны орогенный мезоритм представляет волну сжатия - расширения большой амплитуды, в которой притяжение энергетически во много раз превосходит отталкивание. Сжатие соответствует изостатическим погружениям дна океанов, сопряженным с подъемом континентов. Палеогеографически сжатие Земли проявляется в регрессиях морей и похолоданиях климата. В процессе уплотнения геосферы реагируют на сжатие усилением мощи радиогенного излучения и повышением температуры. Вследствие этого вслед за сжатием наступает расширение Земли, проявляющееся в виде трансгрессий, потеплений климата и наступлением межледниковий. Орогенные ритмы показательны в отношении взаимодействия гравитационной энергии с радиогенно-тепловой (или ядерной), поэтому можно трактовать о единстве радиогенно-гравитационной энергии в процессах геотектогенеза /I/.

Тектоническая активность и циклы биогенеза

Нами уже подчеркивалась связь макроциклов с циклами биогенеза. Последние состоят из следующих фаз (по Д.Н.Соболеву): а/ превращения; б/ бурного развития или анаморфизма; в/ стабилизации; г/ вымирания и омоложения. В качестве примера проследим эволюцию фауны фораминифер в течение поздневизейско-намюрского макроцикла (по данным Н.Е.Бражниковой, П.Д.Потиевской и др.). В Доно-Днепровском прогибе самая обширная в карбоне трансгрессия морского бассейна относится к началу позднего визе. Кровля ранневизейских отложений в значительной части региона фиксируется следами размыва и перерыва. В конце раннего визе констатировано вымирание родов и видов турнейского облика. В поздневизейско-намюрском макроцикле четко выделяются два мезоцикла: $C_I^{v_2}f - C_I^{n}a$, соответствующий абсолютному времени от 319 до 312,5 млн.лет и $C_I^{n}a_2 - C_I^{n}d$ – от 312,5 до 306 млн.лет.

Первый мезоцикл. Позднее визе. $C_I^{v_2}f_I$. Стадия превращения. Начало крупной морской трансгрессии. Появление и развитие новых родов и видов фораминифер. $C_I^{v_2}f_2$. Анаморфическая стадия. Развитие трансгрессии и стабилизация морского режима. Богатая и разнообразная фауна фораминифер. $C_I^{v_2}g_I$. Стадия стабилизации. Обильная фауна фораминифер, сходная по составу с $C_I^{v_2}f_2$. Позднее визе – намюр, $C_I^{v_2}g_2 + C_I^{n}a_I$. Стадия вымирания, превращения и сальтации. Однообразная фауна фораминифер с представителями немногих родов. Исчезают отдельные группы. Массовые появления своеобразных, редко встречающихся видов. Обедняется также фауна брахиопод и кораллов. Перерыв.

Второй мезоцикл. Намюр. $C_I^{n}a_2$. Стадия превращения. Трансгрессия. Значительное количество доживающих древних форм визейского облика. Появление новых родов и видов. $C_I^{n}b_I$. Стадия анаморфизма и стабилизации. Обильная и разнообразная фауна фораминифер. Сохраняются доживающие (рекуррентные) формы визейского яруса. Появление первых башкирских родов и видов. $C_I^{n}b_2 - C_I^{n}d$. Стадия вымирания и превращения. Сокращение бассейна, мелководье, регрессия. Резкое обеднение фауны и полное исчезновение отдельных родов. Встреча-

ются доживающие виды, а также формы широкого вертикального распространения. Появляются новые башкирские формы.

Асторезонансная гипотеза

Пульсационное развитие неорганической природы находит прямое отражение в эволюции органического мира. Для объяснения природы геологической цикличности автором предложена астрорезонансная гипотеза /I/, позволяющая несколько глубже подойти к решению вопроса о причинах вымирания организмов. Вследствие взаимного притяжения планет, звезд и звездных систем и их групповых противостояний, каждая планета и солнечная система в целом испытывают периодические возмущения. Геосферы постоянно находятся под воздействием гармонических сил сжатия - расширения. Земля выделяет из внешнего космического воздействия гармонические колебания определенной частоты, поэтому ее можно назвать резонатором. Если T_n - длительность цикла, T_o - длительность первого цикла ряда и n - целое число равное I, 2, 3, 4,..., то

$$T = T_o n \quad (I)$$

Наблюдается симметрия между периодами пульсаций гравитационного поля $T^I n$ (в децисекундах) и частотой электромагнитных колебаний $V^I n$ (в децигерцах):

$$|T^I n| = |V^I n| \quad (2)$$

Вариации жесткости космических лучей подчиняются закону периодичности, причем энергия лучей определяется массами взаимодействующих при противостояниях космических тел и их систем. Согласно расширенному принципу Ле-Шателье, гравитационно-энтропийная энергия спонтанных космических тел и их систем взаимодействует с радиогенно-термальной энергией по принципу взаимоторможения, а именно: каждый импульс - возмущение гравитационно-энтропийного поля (уплотнение) вызывает ответную активацию радиогенно-термального поля (расширение).

При сжатии увеличивается кристаллохимическая энергия связи в атомах и молекулах, что приводит к увеличению потенциальной энергии геосфер. Переход из менее плотного состояния в более плотное сопровождается поглощением тепловой энергии. Взаимосвязь массы и энергии выражается уравнением

Эйнштейна $E=mc^2$. Если M_I и E_I масса и кинетическая энергия Земли до фазы сжатия, т.е. до тектонической фазы, M_2 и E_2 соответственно масса и энергия в процессе тектонической фазы, и M_3 и E_3 - после тектонической фазы, то $M_I < M_2 > M_3$ и $E_I > E_2 < E_3$. Фазы сжатия Земли сопровождаются похолоданиями климата. "Земля не потому сжимается, что охлаждается, а потому охлаждается, что сжимается" (Усов, 1940). Вслед за фазой гравитационного уплотнения экстремально возрастает энергия радиации геосфер, Солнца, звезд и их систем.

Согласно Е.Н.Паркеру (1968), интенсивность космических лучей пропорциональна напряжению межпланетного магнитного поля. Галактические космические лучи, заполняющие межзвездное пространство, проникают в солнечную систему через несущиеся от Солнца магнитные поля. Силовые линии межпланетных магнитных полей берут свое начало на Солнце и вытягиваются солнечным ветром в космическое пространство. Понижение солнечной активности, наблюдающееся при сжатиях Земли и похолоданиях, сопровождается уменьшением напряжения межпланетного магнитного поля с параллельным уменьшением интенсивности космического излучения. Увеличение солнечной активности, происходящее вслед за гравитационным толчком сжатия, сопровождается расширением межпланетного магнитного поля и повышением плотности потока космического излучения. Огромное количество лучей с очень высокими энергиями в таких случаях оказывает решающее влияние на эволюцию жизни на Земле. Согласно гипотезы И.С.Шкловского, получившей широкое признание, "поставщиком" космических частиц больших энергий являются вспышки сверхновых звезд. Возможно, что максимальная частота вспышек сверхновых звезд сопряжена с экстремальными состояниями поля мирового тяготения и по времени совпадают с самыми мощными тектоническими фазами.

Большое влияние на эволюцию организмов оказывают инверсии магнитного поля Земли, когда поверхности планеты достигает наиболее интенсивное космическое излучение. Величина магнитного поля снижается при этом до 0,I от нормальной, что соответственно понижает и экранирующие свойства ионосферы. Последняя инверсия магнитного поля отмечается в конце апшеронского времени (по А.Н.Храмову) и совпадает с на-

чалом валахского орогенеза.

Заключение

Резюмируя изложенное, мы приходим к заключению, что главнейшие эпохи великого вымирания, превращения и появления новых филогенетических ветвей в истории органического мира совпадают с эпохами геологических революций. Моменты резкого изменения органического мира характерны для времени между ордовиком и силуром, для конца палеозоя и для времени между поздним мелом и палеоценом. С этими моментами связаны крупнейшие переломные диастрофические фазы, вслед за которыми наступали циклы с холодным и сухим климатом. Влияние климата несомненно сказывалось на эволюции растений и наземных позвоночных. Вместе с тем, с достаточной убедительностью устанавливается также влияние жесткого космического излучения на этапы развития органического мира.

Литература.

1. Балуховский Н.Ф. Геологические циклы. "Наукова думка", Киев, 1966.
2. Зубаков В.А. Планетарная последовательность климатических событий и геохронологическая шкала плейстоцена. сб. "Чтения памяти Л.С.Берга", УШ-Х1У, Л., 1968.
3. Зубаков В.А., Краснов И.И. Материалы ВСЕГЕИ, нов. сер. вып. 2, 1959.
4. Страхов Н.М. Изв. АН СССР, сер.геол., 6, 1949.
5. Усов М.А. Структурная геология, Госгеолиздат, М.-Л.,1940.
6. Шнитников А.Н. Зап. Географ. о-ва СССР, 16, н.сер., М.-Л. 1957.
7. Яншин А.Л. Бюлл. МОИП, отд. геол., 3, 1973г.
8. Parker E.N. Geophys Res. 62, 509, 1963.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

А.С.ПРЕСМАН
Московский государственный университет

КОСМИЧЕСКИЕ ИСТОКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В современной биологии господствует представление, что эволюция происходила по следующей схеме: случайные изменения переходили в закономерные, благодаря статистическому отбору результатов этих изменений по приспособленности образующихся биосистем к окружающей среде. На основе такой схемы самоорганизации от простого к сложному подходят к обоим этапам эволюции - химическому, охватывающему процессы от образования простейших органических веществ до первичных биологических систем, и биологическому, охватывающему процессы прогрессивного усложнения форм и функций этих систем до образования существующей иерархии живой природы.

Так ли бесспорны эти общие представления? В последние годы все очевиднее выявляется неопределенность и противоречивость в них и ощущается необходимость поиска новых подходов к проблеме возникновения и эволюции жизни: "...одна из важнейших и притом наиболее трудных задач, стоящих перед исследователями, заключается в том, чтобы создать теорию, объясняющую, каким образом агрегаты органического вещества могли развиться в самовоспроизводящиеся системы" /I/; "Современное почти неограниченное господство так называемой "Синтетической теории" /селектогенез, неодарвинизм/ объясняется вовсе не ее достоинствами и

обоснованиями, а тем, что накопление противоречий в эволюционном учении требует истинного пересмотра философских оснований эволюционного учения, перехода на "новый этаж" /2/.

Мы обсудим новый подход к проблеме возникновения и эволюции жизни, исходя из развитой нами концепции о планетно-космических основах ее организации /3/.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ КАК ПЛАНЕТНО-КОСМИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ

До недавнего времени общепризнанной считалась теория происхождения жизни, основанная на следующих постулатах /4,5/

I) Жизнь могла возникнуть только на основе углеводородных соединений, из которых и сформировались уникальные "кирпичики" живого - белки и нуклеиновые кислоты; 2)Такие процессы происходили в "первичном бульоне", в котором самопроизвольно синтезировались простейшие органические вещества и полимеры (полипептиды и полинуклеотиды); 3) Из этих компонентов путем "самосборки" формировались предбиологические системы - коацерваты, которые посредством статистического отбора по скорости роста и размножения, преобразовывались в простейшие одноклеточные организмы.

В последние годы возникли серьезные возражения против основных положений этой теории - об уникальности химических основ жизни, о самопроизвольности образования предбиологических структур и об их эволюции до первичных организмов посредством самоорганизации, благодаря естественному отбору.

Оказывается, что "...точный химический состав не является обязательным. В принципе можно себе представить живое и совсем из других элементарных ячеек" /6/. А в качестве субстрата внеземных форм жизни считают вероятными макромолекулярные структуры, в которые вместо углерода входит кремний или германий, вместо кислорода - фтор или хлор, вместо фосфора - мышьяк или сера и т.д. /7,8/. Не обязательной считают и существующую ныне последовательность мономеров в белках и нуклеиновых кислотах: из любых случайно образовавшихся последовательностей реализовались те, которые оказались способными самовоспроизводиться при взаимодействии с окружающей средой, то есть создавать

информацию, последовательно усложнявшуюся затем в ходе химической и биологической эволюции /9,10/.

Таким образом, первоосновой происхождения жизни являются не какие-то специфические химические процессы, а кибернетические процессы - возникновение и усложнение биологической организации, которая могла образоваться из различных элементов, существовавших на Земле. Но могли ли эти процессы происходить путем самоорганизации образующихся структур ? Мы показали, что такое представление таит в себе глубокие противоречия, анализ которых и привел нас к концепции о планетно-космических основах организации жизни /3/. В свете этой концепции живая природа возникла и эволюционировала как часть планетной кибернетической системы - биогеосферы, а образование такой системы живого-неживого связано с космической организованностью.

Такой взгляд на проблему происхождения и эволюции жизни, впервые высказанный В.И.Вернадским, разделяют в наше время многие ученые: "...жизнь - это неизбежное свойство, присущее экосистеме в целом, а не свойство изолированного скопления макромолекул...центральный вопрос о происхождении жизни - это не вопрос о том, что возникло прежде, ДНК или белки, а вопрос о том какова простейшая экосистема /11/; "Стало невозможно рассматривать жизнь, как наименьший общий знаменатель для земных объектов: она стала неотделимой от всей Вселенной и ее эволюции"/12/; "...жизнь /даже разумная/ - это нормальное проявление свойств материи во Вселенной, такое же, как звезды и галактики"/13/.

Космические основы возникновения жизни усматривают в распространенности во Вселенной органических веществ (подобных земным и других) /14,15/ и в этой связи считают возможным "экспорт" и "импорт" жизни во Вселенной /16/. Но, как мы видели, надо искать космические истоки не химического субстрата жизни, а ее организации, то есть истоки космической информации, которая обусловила процессы возникновения и усложнения биоструктур, независимо от того,из каких элементов они составлялись. Эти процессы надо рассматривать не по отношению к изолированным скоплениям молекул, а в планетном масштабе, ибо "...любое микроявление,

присущее живому организму, возникает в соответствии с некоторым глобальным "планом" или "программой" /17/. Мы полагаем, что по "космической программе" образовывалась планетная система - биогеосфера и что в этом аспекте обретают реальность предположения об общем начале живого и неживого /18-20/. И можно уже высказать некоторые соображения об общей схеме процессов формирования биогеосферы, о проявлении в этих процессах принципов космической организованности и о природе носителей информации из космической среды в биогеосферу.

По современным оценкам образование земной коры произошло около 4,6 млрд.лет назад, а возникновение первичных форм жизни - около 4,2 - 3,6 млрд. лет назад /1,5/. По-видимому, возникновение биологической организации происходило где-то в промежутке между этими крайними значениями. Иначе говоря это происходило не после, а в процессе консолидации тела Земли, то есть формирование живой и неживой частей планеты было одновременным. Образовывалась биогеосфера как самоорганизующаяся система в понимании Г.Фёрстера /21/," которая потребляет энергию и порядок из окружающей среды". Добавим только, что под "порядком" мы понимаем не негэнтропию, а "содержательную информацию" о принципах космической организованности /3/. В свете этих представлений можно наметить схематическую картину образования первичной биогеосферы.

Протопланетный этап образования Земли был связан только с извлечением энергии из космического окружения - лучистой энергии Солнца, энергии космических лучей и т.д. Это была энергетическая стадия формирования биогеосферы.

По мере образования земной коры и атмосферы из космической энергии извлекается и содержащийся в ней "порядок". Это проявляется в ритмичности, ориентированности, симметричности и диссимметричности атмосферных, магнитосферных и ионосферных процессов и в связи такой пространственно-временной организованности с соответствующей организованностью солнечных и космических процессов. На этой энерго-информационной стадии и образуются простейшие органические соединения как закономерная часть геохимических

процессов в земной коре и атмосфере.

С образованием гидросферы - водного раствора органических и неорганических соединений, наступает информационная стадия формирования биогеосферы. По современным представлениям /22-24/ такого рода раствор - это гетерогенная квазикристаллическая система, содержащая неравновесные метастабильные структуры.[x] Весьма слабые естественные воздействия "активируют" эту водную систему - возникает большое число центров кристаллизации, изменяется ряд ее физических свойств. И такие изменения распространяются по типу цепных реакций на дальние расстояния, сохраняются длительное время - до нескольких дней.

Таким образом первобытный Мировой океан, в котором вероятнее всего зародилась жизнь, представлял собой систему, вещественно-энергетическую параметры которой могли изменяться под влиянием весьма слабых воздействий из окружающей среды. Иначе говоря, - это система, способная воспринимать информацию и соответственно перестраивать, усложнять свою организацию как целого, это кооперативная система возникновения и развития первичных форм жизни. Откуда же поступала в эту систему информация и какова была ее физическая природа?

Еще в 1926 г. В.И.Вернадский подчеркивал то обстоятельство, что "Космические излучения, идущие от небесных тел, охватывают всю биосферу... Мы улавливаем и сознаем только ничтожную часть этих излучений и среди них мы изучали почти исключительно излучения Солнца" /27/. Теперь мы знаем, что электромагнитный спектр Солнца и Вселенной простирается от гамма - излучений до медленно изменяющихся электрических и магнитных полей /28-30/. Хорошо изучены электромагнитные поля Земли, распределенные в диапазоне от высоких до сверхнизких частот. Накоплен обширный эмпирический материал о закономерностях солнечной активности /31/ и ее влиянии на геофизические и биологические процессы, которое связывают с воздействием солнечной активности на

---

x/ Квазикристаллической структурой обладает сама вода и это обстоятельство в значительной мере определяет свойства и структуру растворенных в ней молекул, в том числе и биологически важных /25,26/.

электромагнитные поля Земли /32/. Ныне очевидно, что "... во Вселенной излучаются, распространяются и несут разнообразную информацию радиоволны всех диапазонов с длиной волны от километров до ничтожных долей миллиардной части миллиметра" /33/ /подчеркнуто мной. - А.П./.

Между тем, как мы показали, /34,35/ носителями информации на всех уровнях иерархии живой природы - от молекулярного до биосферного - являются электромагнитные поля /ЭМП/, простирающиеся в широкой области спектра от сверхвысоких радиочастот к более низким - до медленно изменяющихся магнитных и электрических полей. Мы полагаем, что и источником космической информации для "глобальной программы" возникновения и развития жизни являются ЭМП такой области спектра, то есть радиоволны от миллиметровых до сверхдлинных. При этом предполагается, как непосредственное воздействие этих ЭМП, так и опосредование их влияние - через воздействие на земные ЭМП. Какие же основания имеются для этого предположения?

Земная атмосфера прозрачна для двух диапазонов электромагнитных волн - оптического и радиоволнового, но в качестве носителя информации радиоволны обладают рядом преимуществ: во-первых интенсивность космических радиоизлучений значительно выше оптических /29/; во-вторых, "радиоокно" значительно шире "оптического окна"; в-третьих, радиоволны значительно более "информативны", чем оптические излучения /36/; в-четвертых, органы восприятия оптической информации появились только у сложных организмов. Что же касается земных ЭМП , то их преимущества по сравнению с другими носителями информация в живой природе очевидны /34,35/.

Общие черты формообразования космических систем и первичных биосистем можно подметить, сравнивая эволюционную последовательность типов галактик с последовательностью структурообразования белков. С другой стороны, имеются экспериментальные основания к тому, что образование белковых структур может происходить под влиянием ЭМП тех же частотных диапазонов, что и космические радиоизлучения. Такое сопоставление сделано в следующей таблице.

Таблица I

Последовательность формообразования

галактик /37/:

Сферические - эллиптические	Эллиптические - спиральные	Спиральные - неправильные

белков /38/:

Аминокислоты - пептиды	Пептиды - спирали	Спирали - клубки /глобулы/

Эффекты ЭМП в молекулярных растворах /34/

Образование цепочек из микрочастиц /"жемчужных цепей"/ под действием ЭМП от I0 Мгц и выше	Вращение плоскости поляризации в растворах гликогена и экстрактах тканей под действием ЭМП I875 и 3000 Мгц	Изменение активности гамма-глобулина под действием импульсных ЭМП I0-200 Мгц /резонансно/, связанное с переходами спираль-клубок

Космические радиоизлучения, которые могли бы вызывать эти эффекты

Излучения от дискретных источников и реликтовое от 6.I0 Мгц и выше	"Мазерные" линии OH с плоской и круговой поляризацией I6I2, I665, I667 и I720 Мгц	Излучения пульсаров в радиодиапазоне от 40 до 2300 Мгц

Мы указывали ранее /3,34/, что временная, колебательная организация на молекулярном и клеточном уровнях биосистем связана с влиянием естественных ЭМП соответствующих частот. В таблице 2 приведены некоторые экспериментальные данные, иллюстрирующие реальную возможность такого влияния. /28-30,32,34,39/

Таблица 2

Естественные ЭМП - земные и космические	Биологические эффекты слабых ЭМП при частотах, соответствующих естественных ЭМП
Радиоизлучения Солнца и Вселенной 10^{12} - 10^{7} гц	Изменение активности ферментативных молекул в растворах /лизоцим, амилаза и др./ 10^{10}, $1,2.10^{7}$ и др.
ЭМП атмосфериков 10^{7} - 10^{3} гц	Изменение активности фермента каталаза в растворе. $2,6.10^{4}$-8.10^{3} гц
Флуктуации ЭМП 10^{3}-5 гц	Замедление деления клеток разных типов 10^{3} - 10^{2} гц
Микропульсации магнитного поля Земли. 5 - 0,00I гц	Стимуляция размножения бактерий и усиление их ферментативной активности I-0,I гц

Итак, имеются основания полагать, что космическая информация, носителем которой являются ЭМП, сыграла существенную роль в возникновении первичных форм жизни. По учению В.И.Вернадского /27/ - это был комплекс одноклеточных организмов, способных выполнять все биогеохимические функции. В свете наших представлений о регуляторной организации в биогеосфере /3/ такой комплекс - "инструктивная" система, способная накапливать информацию из космической среды. Совокупность же ЭМП Земли можно рассматривать как "посредническую" систему. "Создание биосферы, ее начало

было и моментом начала процесса эволюции..." - писал Вернадский /27/. Теперь мы можем сказать, что началом эволюции было создание биогеосферы как кибернетической системы, обменивающейся информацией с окружающей космической средой и имеющей внутренние информационные взаимосвязи между живой и неживой частями.

ПЛАНЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ БИОГЕОСФЕРЫ

С древнейших времен складывалось общее представление об эволюции органического мира как исторической трансформации форм и функций всего живого, имеющий направленный, прогрессивный характер. Однако, современная наука все еще не создала всеобъемлющей теории о законах эволюционного развития. На этом пути возникают существенные противоречия по следующим основным вопросам : На каком уровне иерархии живой природы происходят эволюционные изменения и в чем они состоят? Какова причина направленного, прогрессивного хода эволюции? И все более очевидной становится необходимость пересмотра традиционных исходных представлений, положенных в основу самой постановки проблемы эволюции живой природы.

Господствующая ныне "Синтетическая теория эволюции" постулирует следующие элементарные основы и схему эволюционного процесса /40,41/: 1. Элементарной эволюционной структурой является популяция, элементарным эволюционным явлением - изменение ее генотипического состава и элементарным материалом эволюции - случайные изменения на молекулярно-генетическом уровне - мутации генов 2. Схему эволюционного процесса представляют в следующем виде: мутации генов "поставляют" новый генетический материал в популяции, флуктуации численности популяции выводят генотипы-мутанты в "кандидаты" на роль новых звеньев в эволюционных явлениях, изоляция закрепляет и ускоряет внутри- и межпопуляционные дифференцировки (различие в наборах генотипов) и, наконец, естественный отбор является единственным и достаточным фактором, определяющим направленный, прогрессивный ход эволюции'.

' - эти представления относятся к процессам микроэволюции (эволюции до образования видов). Однако, считают правомерным распространять их и на процессы макроэволюции (эволюции надвидовых уровней).

Между тем накапливается все большее число фактов, противоречащих этой теории, не укладывающихся в постулируемую ею схему эволюционного процесса /42,43/. Обнаруживаемые генетиками мутации в подавляющем большинстве случаев приводят к возникновению либо второстепенных, либо вредных признаков и ни одна из мутаций, наблюдавшихся у десятков видов организмов, не перешагнула границ вида. На основе спонтанных мутаций нельзя объяснить ни существование большого многообразия видов, в одной среде, ни огромную сложность и разнообразность физиологических процессов и поведения животных, ни явную обремененность организмов множеством "ненужных вещей". Нельзя объяснить способность насекомых (и других животных) создавать за несколько месяцев линии, устойчивые к ядам, как результат случайных мутаций: для этого пришлось бы сделать фантастическое предположение, что "...в хромосомах насекомых содержится заранее заложенный ответ на все вопросы... применительно не только к прошлому, но и к будущему!"/44/. Имеются основания полагать/45/, что видообразование связано с нехромосомными изменениями, а мутации генов обуславливают только незначительные различия внутри вида. Наконец, очевидно, что различные "эффекты группы" (влияние группирования особей на формирование у них морфологических, физиологических, воспроизводительных и поведенческих признаков) не связаны ни с естественным отбором ни с борьбой за существование /44/.

Еще более серьезные трудности встречает "Синтетическая теория", пытаясь объяснить последовательный рост организации в индивидуальном развитии - онтогенезе, а тем более прогрессивную эволюцию биосферы - усложнение ее организации, проявляющееся в увеличении многообразия видов, совершенствовании взаимодействий между группами организмов и их взаимоотношений с окружающей средой. Общая теория онтогенеза все еще не создана, а в отношении прогресса дело ограничивается пока только поисками его критерия.

Причина такой ситуации кроется, очевидно, в неправомерности традиционного представления, что истоки усложнения биологической организации - накопления информации в онтогенезе и эволюции - заложены в молекулярно-генетическом аппарате. В последние годы многие ученые приходят к убеждению, что эти процессы развития связаны с извлечением информации из внешней среды : "...лишь очень малая доля информации, содержащаяся во взрослом

организме, получена от яйца; подавляющая часть этой информации получена из внешней среды" /45/ : "Усложнение организации становится своеобразным способом повышения эффективности "высасывания" информации из окружения ... возрастает запас внутренней информации, что открывает новые возможности для поглощения дополнительной информации... В этом заключается прогресс жизни" /46/; "...попытки объяснить эволюцию сложного из простого, высшего из нисшего ... не имеют успеха"/47/.

Все это приводит к выводу, что истоки усложнения организации - накопления информации в процессах развития органического мира надо искать не в молекулярно-генетическом аппарате, а в сложно организованной внешней среде - биогеосфере. Из многообразной организованности биогеосферы каждая биосистема извлекает ту информацию, до которой она "доросла" по уровню своей организации. Тем самым данная система обретает способность к восприятию информации о следующей, более высокой ступени организованности биогеосферы. Такое последовательное накопление информации и лежит по-видимому, в основе процессов развития на всех уровнях иерархии живой природы. Организованность же биосферы в целом и ее эволюция связаны с восприятием ею информации из многообразия организованности Вселенной.

В свете этих представлений и на основе нашей концепции о планетно-космических основах организации жизни/3/ можно уже обсудить возможные механизмы развития на всех уровнях иерархии живой природы как процессы накопления информации простыми системами от сложных, низшими от высших.

Что такое информация в органическом мире? Мы не можем дать ответ на этот вопрос с общетеоретических позиций, ибо нет пока общего определения понятия информации, а нащупываются только методы подхода к этому с различных, часто противоречивых, позиций /48/. Из анализа же эмпирических данных биологии очевидно, что информация в живой природе связана с биологической организацией. На этой основе мы и попробуем выявить наиболее существенные функционально-кибернетические признаки биологической информации.

В биологической организации проявляется не количественная, а качественная, "содержательная" сторона информации. Это структурно-функциональная организация(СФО) биосистемы, определяющая характер взаиморасположения элементов и взаимосвязей между ними, взаимодействия системы в целом с окружающей средой и, наконец ,

способность системы воспроизводиться и развиваться в данной среде. Следует подчеркнуть, что СФО заложена не только в самой биосистеме, но неразрывно связана с ее окружением. Из иерархической организованности биогеосферы каждая система как бы выкраивает свой "внешний мир", отвечающий ее положению в этой иерархии /49/. Иначе говоря, СФО представляет собой алгоритм, обуславливающий не только структуру и функцию системы, но и ее "знание" о своем внешнем мире'. Как мы показали /3/, СФО любой биосистемы содержит два механизма: "инструктивный"-хранящий внутреннюю информацию, воспринимающий и накапливающий внешнюю и согласующий вещественно-энергетические процессы в системе с ее окружением; "посреднический"-ретранслирующий информационные сигналы извне - внутрь к "инструктивному" и от него наружу.

В иерархии уровней биологических организций - от клеточного до биосферного, обнаруживаются единые черты : всему живому присущи общие признаки - обмен веществ и энергии,рост и размножение, раздражимость и приспособляемость. С другой стороны, живая природа предстает перед нами в многообразии форм и функций живых организмов в популяциях, популяций в пределах вида, видов в биоценозах и биоценозов в биосфере. Мы полагаем /3/, что общность признаков живого обусловлена тем, что в основе СФО биосистем всех уровней иерархии действуют единые принципы пространственной, временной и регуляторной организации, а также и тем, что универсальными носителями информации на всех уровнях являются ЭМП. Многообразие же связано с различиями наследственных программ в СФО биосистем (генотипов и генофондов), а также способов восприятия информации из окружающей среды. Речь идет об общности и многообразии качественных признаков, а "...качество есть такая сторона объекта, которая инвариантна по отношению к определенному типу преобразований, а именно: к преобразованиям, не выводящим преобразуемый объект за пределы данного подкласса"/50/. Следовательно, многообразие живых объектов можно рассматривать как результат инвариантных преобразований, не выводящих эти объекты за пределы класса общих признаков живого или за пределы подклассов -

' - в этом определении сочетаются топологический подход к информации и понятие о ней как о разнообразии

популяций, видов, биоценозов'.

Развитие любой биосистемы обусловлено усложнением ее СФО, накапливающей информацию от системы более высокой организации, в которую она входит, Иначе говоря, в СФО моделируется организованность ее биотического и абиотического окружения. Схему процесса такого моделирования можно представить(Рис.1), исходя из концепции/51/ о накоплении "семантической информации" в воспринимающей системе как изменении ее внутренней информации - "тезауруса"($I_{нач}$), то есть в нашей интерпретации - начальной СФО. По мере накопления в СФО все большей доли внешней информации возрастает ее способность к восприятию дополнительной - до максимальной ($I_{опт} = I_м$). Далее воспринимаемая информация уменьшается, ибо она становится все более "избыточной", и, наконец, наступает "информационное насыщение" ($I_{нас}$), когда СФО уже извлекла из внешнего источника все. Сформировав в результате такого цикла модель организованности своего "внешнего мира",биосистема обретает способность моделировать следующий, более высокий уровень иерархии и т.д.Вместе с тем сама система становится источником информации для составляющих ее элементов, а с другой стороны, - вносит свою лепту в развитие СФО высшей системы, компонентом которой она является,

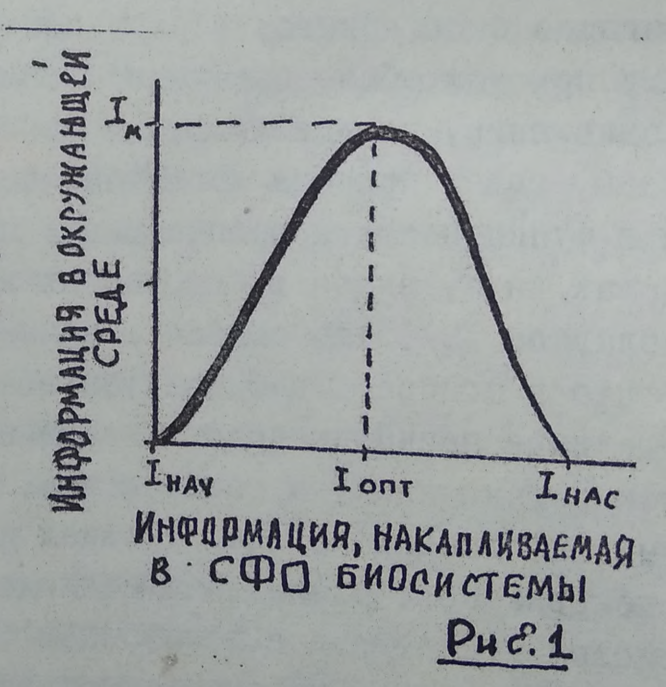
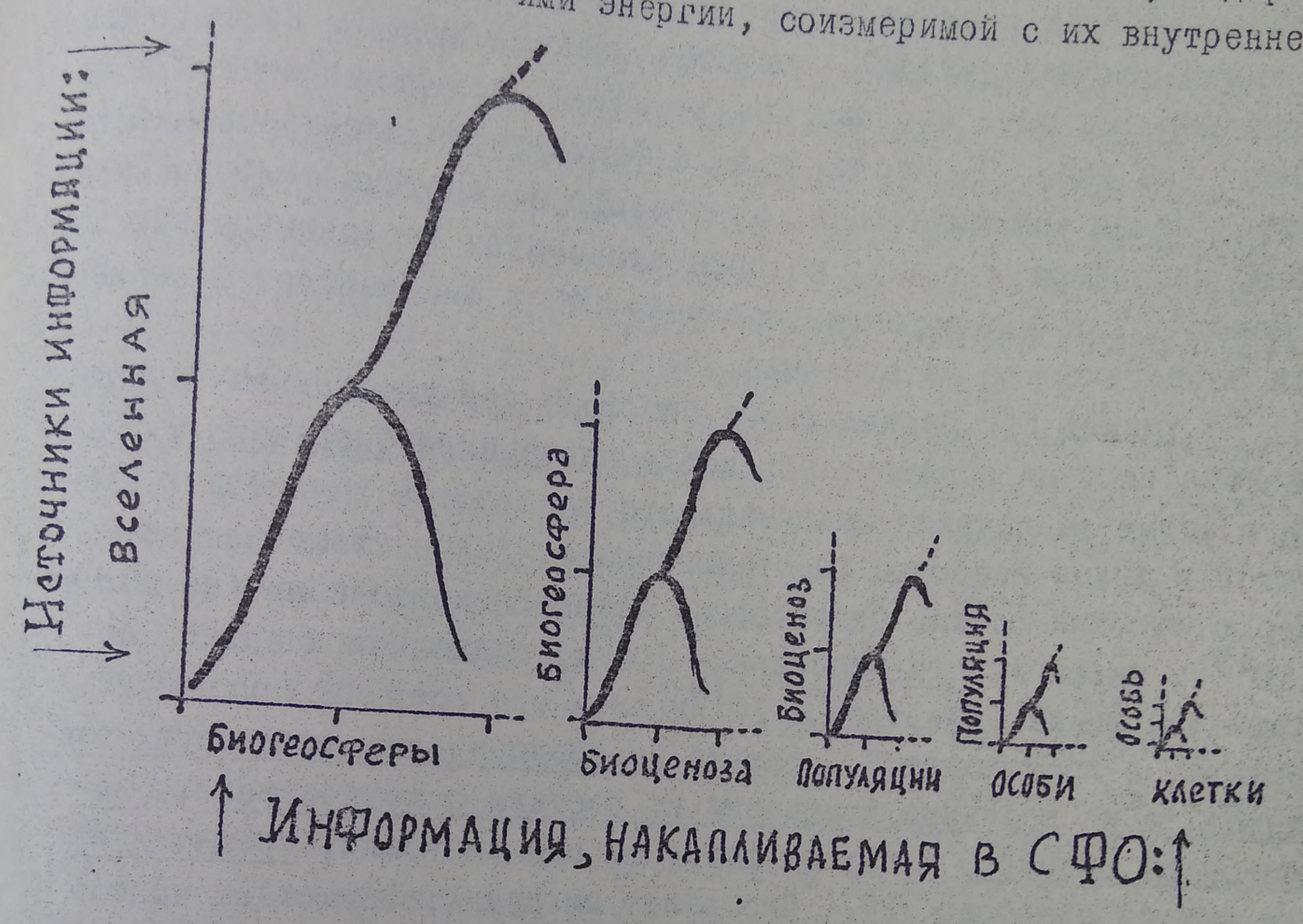


Рис.1

Итак, процессы развития на всех уровнях иерархии живой природы можно представить как циклическое извлечение и накопление информации в СФО биосистем, источником которой является "организованное окружение". Это процессы многоступенчатого моделирования организованности высших систем низшими по пути: Вселенная - биогеосфера - биоценоз - популяция - организм - клетка (Рис.2). Функционально-кибернетические механизмы такого моделирования изменяются по мере возрастания

уровня сложности биосистем. Самые простейшие системы непосредственно воспринимают из окружающей среды информацию, содержащуюся в поглощаемой ими энергии, соизмеримой с их внутренней



энергией. Чем выше организована система, тем более опосредовано она воспринимает внешнюю информацию - через высшие системы, компонентом которых она является, тем более, что информационный обмен обособляется от энергетического, тем меньшую долю от внутренней энергии системы составляет энергия, связанная с информационным обменом и, наконец, тем более разветвленными становятся каналы ее информационного обмена, регулирующего энергетический. "В предельном высшем случае энергия, слитая с информацией, стремится к нулю, а знаковая система(носитель информации) - к максимальному отличию от материальных систем, посредником между которыми она является/49/,

Как мы говорили, началом эволюции было образование первичной биогеосферы под действием космических сил. На первой, энергоинформационной стадии космическая энергия и информация воспринимались по одному каналу - информация была слита с энергией, утилизировавшейся в процессах образования зонарных структур Земли, На второй, информационной стадии энергия и

информация воспринималась уже по двум каналам: космическая система утилизируется в геофизических, геохимических и биохимических процессах, а образующаяся в Мировом океане кооперативная пребиологическая система - "инструктивный механизм" - обладает уже начальным"тезаурусом" - способна воспринимать и накапливать информацию, несомую слабыми космическими электромагнитными излучениями (см.табл.I). Наряду с этим формируется электромагнитная система Земли (магнитосфера, электросфера, система телурических токов, ионосфера и т.д.), которая становится "посредническим механизмом". Так формируется первичная СФО в биогеосфере и начинается биологическая ее эволюция.

По учению В.И.Вернадского биосфера как устойчивая организованная система образовалась после завершения биогенной миграции в форме вовлечения максимального количества химических элементов в живое вещество (протобиоценоз). Далее, вещественно - энергетический состав биогеосферы остается постоянным (ее масса - 10^{19}т, масса живого вещества - 10^{15}т, солнечная энергия, поглощаемая живым веществом,- 10^{19}ккал и его средний химический состав), а происходят "...только перегруппировки химических элементов, а не коренные изменения их состава и количества...Эволюционный процесс, какую бы форму мы его ни взяли, всегда идет уже внутри биосферы /27/. Биогенная миграция возрастает теперь за счет усложнения физиологических функций организмов, их "техники жизни", психических факторов и, наконец, сознания. Эволюция биогеосферы приобретает характер "...явления определенного, развертывающегося все время в одну и ту же сторону - в направлении усиления сознания, мысли и создания форм, все более усиливающих влияние жизни на окружающую среду" /27/. Как мы полагаем, первоосновой направленности эволюции биогеосферы является последовательное моделирование в иерархии ее биологических организаций все более широкого "набора" уровней организованности Вселенной, все более высоких ступеней этой организованности. А этот процесс связан с последовательным развитием все более сложной иерархической СФО биогеосферы, благодаря накоплению информации на всех уровнях иерархии. Как же происходит это накопление информации ?

Из палеонтологических данных следует, что все типы организмов возникли до кембрия, а затем формировались лишь классы, отряды, семейства, роды и виды /52/. Это подтверждается законами зродышевого сходства/К.Бэра/ и биогенетическим. Такой ход эволю-

ции можно трактовать, как последовательное моделирование космической организованности сначала в главных уровнях иерархии СФО биогеосферы, которые затем становятся источниками информации для промежуточных и более низких уровней СФО. Как мы показали /53/, реализация наследственной программы и усложнение организации в процессе онтогенеза связаны с восприятием развивающимися структурами информации(носителями которой являются ЭМП) последовательно от всех организмов соответствующего типа, затем класса, отряда и т.д. Таким образом, фенотип каждого организма - результат не только реализации его генотипа, но и восприятия информации от сородичей по популяции, виду, биоценозу. Иначе говоря, "Признаки организма - морфологические, физиологические, поведенческие и психические - и унаследованы, и приобретены... Мы не можем дать ясный ответ на вопрос: что , собсвенно, передается по наследству?" /54/.

Накопилось уже немало фактов и соображений, побуждающих нас пересмотреть укоренившееся представление о невозможности наследования благоприобретенных признаков. Еще И.П.Павлов указывал, что "...некоторые из условных, вновь образованных рефлексов позднее несследственно превращаются в безусловные... Это было бы, таким образом, одним из действующих механизмов развития животного организма"/55/. В последние годы наследование условных рефлексов обнаружено в опытах с`планариями/56/, а, как справедливо указывает Р.Шовен /57/, условные рефлексы отражают единый вид поведения у всего живого - от обезьян до планарий, а может быть и инфузорий. Эффектные опыты были проведены с культивированием дрозофил в темноте/58/ - 240 генераций на протяжении 10 лет. У таких"темных мух" возрастала плодовитость, но замедлялось развитие, повышалась светочувствительность(фотокинез и фототаксис), изменялась микроструктура глаз, и, наконец, изменялась периодика суточной активности.Эти изменения сохранялись и при перенесении "темных мух" в нормальное освещение на протяжении более 100 генераций. Авторы убедительно показали, что эти результаты нельзя объяснить естественным отбором, а только наследованием приобретенных признаков. Такие же "не дарвиновские" преобразования наблюдали в "эффектах групп" у насекомых разных видов /44/ : по мере увеличения численности особей в группе изме-

нялась плодовитость, скорость развития, продолжительность жизни, окраска и другие морфологические, физиологические и поведенческие признаки. Примечательно, что при отсечении антенн у насекомых эти эффекты группирования не проявлялись.

Напрашивается мысль, что помимо обычно рассматриваемых способов связи особей в популяции (путем спаривания, пищевой связи, посредством органов чувств и т.д.) существует какой-то неизвестный еще дистанционный информационный обмен. Высказывали предположение, что такой обмен играет существенную роль в формировании видового поведения и в общем направлении эволюционного развития внутри вида/59/. Такие же информационные взаимосвязи предполагают и в основе регуляции соотношения полов в популяциях/60/. Имеются основания полагать /34,35/, что эти невыявленные связи осуществляются посредством ЭМП. Если это так, то можно говорить о "групповом наследовании" благоприобретенных признаков(вспомним об отсутствии "группового эффекта" у насекомых при отсечении усиков) в популяции как движущей силе микроэволюции. Мы уже говорили о разнообразии СФО организмов, обусловленном не только различиями в наследственном аппарате, но и благодаря накоплению внешней информации в разных условиях протекания онтогенеза. Эта накапливаемая информация путем передачи посредством ЭМП может "вливаться" в генофонд популяции, который,в свою очередь, становится источником информации для образования новых генотипов или новой начальной СФО у особей. Так может стимулироваться их развитие до более высокой ступени иерархии живой природы, т.е. их способность к эволюционному преобразованию, ибо "эволюируют не отдельные признаки, а способы использования внешней информации"/52/. Такого же рода эволюционные преобразования происходят, по-видимому, и на последующих ступенях иерархии биогеосферы, а первоосновой их является информация из Вселенной.

Литература

I. Кеньон Д., Стейнман Г. Биохимическое предопределения. М., Мир, I972.
2. Любищев А.А.. В сб. "Философские проблемы эволюционной теории", ч.I, М., Наука, I97I, 43.
3. Пресман А.С. Там же.
4. Опарин А.И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. М., Наука, I968.
5. Происхождение предбиологических систем. М., Мир, I966.
6. Блюменфельд Л.А. В сб. "О сущности жизни". М., Наука, I964, I27.
7. Рич А. В сб. "Горизонты биохимии". М., Мир, I964, 83.
8. Фирсов В.А. Жизнь вне Земли. М., Мир, I966.
9. Блюменфельд Л.А. В сб. "Критерий живого". Изд. МГУ, I97I, 57.
I0.Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М., Мир, I967.
II.Патти Г. В сб. "На пути к теоретической биологии". М., Мир, I970, I78.
I2.Гробстайн К. Стратегия жизни. М., Мир, I968, I9.
I3.Овенден М. Жизнь во Вселенной. М., Мир, I965, II7.
I4.Имшенецкий А.А. В сб. "Населенный космос". М., Наука, I972, I50.
I5.Опарин А.И. Плапеты и жизнь. Там же, I65.
I6.Купревич В.Ф. Всеобщность жизни. Там же, I63.
I7.Том Р. В сб. "На пути к теоретической биологии". М., Мир, I970, I53.
I8.Bornemisza S. The explanation of Life. Zurich, I949, I20.
I9.Дмитриев А.Н. Необратимость - мера жизни. Новосибирск, I964, I52.
20.Тринчер К.С. Биология и информация. М., Наука, I965, 99

21. Фёрстер Г. В сб. "Самоорганизующиеся системы". М., Мир, I969, I2I.
22. Пиккарди Дж. Химические основы медицинской климатологии. Л., Гидрометеоиздат, I967.
23. Пиккарди Дж. В сб. "Населенный космос". М., Наука, I972, I42.
24. Кисловский Л.Д. В сб. "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли". М., Наука, I97I, I47.
25. Структура и роль воды в живом организме. Л., Изд. ЛГУ, сб. I, I966, сб. 2, I968.
26. Состояние и роль воды в биологических объектах. М., Наука, I967.
27. Вернадский В.И. Избранные сочинения. М., Изд. АН СССР, I960, 264.
28. Зигель Ф. Невидимый космос. М., Изд. детск.лит., I970.
29. Сюняев Р.А. Природа, №4, 69 /I972/.
30. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М., Наука, I973, 37.
31. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. М., Наука, I973.
32. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., Наука, I97I.
33. Гинзбург В.Л. В сб. "Теория познания и современная физика." М., I972, вып. IУ, I5I.
34. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М., Наука, I968.
35. Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. М., Знание, I97I.
36. Шкловский И.С. Наука и жизнь, №I, 60, /I965/.
37. Проблемы современной космогонии. М., Наука, I969, 24, 50.
38. Волькенштейн М.В. Молекулы и жизнь. М., Наука, I965.
39. Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ., М., Наука, I972.

40. Н.В.Тимофеев-Ресовский. Н.Н.Воронцов, А.В.Яблоков. Краткий очерк теории эволюции. М.,"Наука", 1969.
41. Н.В.Тимофеев-Ресовский,А.В.Яблоков,Н.В.Глотов. Очерк учения о популяции.М.,"Наука",1973.
42. L.Bertalanffy. Das biologische Weltbild. Bern, 1949.
43. К.Уодингтон. В сб."На пути к теоретической биологии". М., Мир, 1970.
44. Р.Шовен. Мир насекомых. М., Мир, 1970.
45. Х.Равен. Оогенез. М., Мир, 1964.
46. М.М.Камшилов. В сб."Филосовские проблемы эволюционной теории". т.I, М.,"Наука",1971.
47. Л.Ш.Давиташвили. там же.
48. А.Д.Урсул. Природа информации. М., Политиздат, 1968.
49. Ю.С.Степанов. Биосемиотика. М., Наука, 1971.
50. А.М.Мостепаненко. В сб."Математизация знания". М.,1968.
51. Ю.А.Шрейдер. В сб."Проблемы кибернетики", вып.13, М.,1965.
52. М.М.Камшилов.Биотический круговорот. М., "Наука", 1970.
53. A.S.Presman. Ideen desexakten Wiss. 10, 673 (1972).
54. Я.Дембовский. Психология животных. М., .ИЛ, 1959.
55. И.П.Павлов. Полн.собр.соч. т.III, кн.I, Л., 1951,273,281.
56. Дж.Гейтс. Молекулярная психобиология. М., Мир,1969
57. Р.Шовен. Поведение животных. М., Мир, 1972.
58. S.Mori et al. In Proc.3[d] Inter. Biometeorological Congress Pergamon Press,1966.
59. A.Hardi. Science,110,523(1949)
60. В.А.Геодакян. В сб."Струкрурные уровни биосистем".М.,1967.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 550.384

Ю.И.КАЦ, А.И.БЕРЕЗНЯКОВ
Харьковский университет

ГЕОМАГНИТНЫЕ ИНВЕРСИИ: РОТАЦИОННАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ И КОРРЕЛЯЦИЯ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ЭВОЛЮЦИЕЙ ОРГАНИЗМОВ

Проблема корреляции данных изменения магнитного поля Земли с другими историко-планетарными процессами, в том числе эволюционными преобразованиями органического мира, была затронута в ряде статей и сводных работ по палеомагнетизму /I, I2, I7, I8, 3I, 33, 36, 37/. Было установлено, что чередование палеомагнитных зон во многих случаях не соответствует закономерностям смены пород в разрезе. Нередко границы палеомагнитных зон, отвечающие эпохам инверсий магнитного поля Земли, расположены внутри литологически однородной толщи или слоя, либо внутри зон с однородным комплексом органических остатков. Позже возникло впечатление /I/, что "пересекая границы стратиграфических подразделений, границы регионов и климатических поясов, не обнаруживая связи с тектоническими циклами, осадочными ритмами и другими периодическими процессами, палеомагнитные зоны не коррелируются во времени и пространстве ни с какими геологическими явлениями". В дальнейшем эта точка зрения была подвергнута сомнению. Установлено /I2,3I,32/, что к концу крупных этапов тектогенеза (каледонского, герцинского и альпийского) увеличивается частота палеомагнитных инверсий. Кроме того, при исследовании плиоцен-четвертичных осадков океанических скважин /36, 37/ была выявлена связь границ биозон многих видов планктонных ор-

ганизмов с палеомагнитными рубежами.

Противоречивость указанных выше двух точек зрения побудила нас рассмотреть вопрос о корреляции палеомагнитных инверсий с историко-геологическими процессами различного ранга: седиментационными ритмами и циклами, изменениями климата, тектоно-магматическими фазами и этапами, трансгрессиями и регрессиями, а также с особенностями изменения фауны и флоры. Теоретически возможность такой корреляции отрицалась /I/ в связи с тем, что "природа палеомагнитных зон и геомагнитного поля связана с процессами в более глубоких геосферах, чем кора и верхняя мантия, т.е. с процессами, имеющими универсальный характер для всей планеты". Однако, топоцентристская трактовка историко-геологических явлений, протекающих в наружных оболочках Земли, противоречит данным исторической планетологии /3,4,7,9,10,II,I2, 24,28,34,35/, согласно которым инверсии событий, зафиксированных в геологической летописи, обусловлены изменением морфологических и динамических характеристик планеты в целом (и прежде всего ее фигуры и скорости вращения), осуществляются в результате взаимодействия ее подвижных оболочек и имеют характер периодического процесса /3,9,24,34/. Такой подход допускает возможность постановки проблемы корреляции историко-геологических и палеомагнитных явлений.

Корреляция с седиментационными ритмами. Геологические процессы и процессы преобразования органического мира (особенно расцвет и вымирание породообразующих организмов) овеществлены в земной коре в виде седиментационных ритмов и циклов. Согласно приведенным выше данным, они имеют "планетарную" природу: климато-седиментационные изменения следуют из астрономической теории солярного климата /4, I3/, а энергетико-седиментационные ритмы - из теории долгопериодических приливов и меридианного перекоса /6, 24/.

Ознакомление с литературой в области палеомагнетизма убедило нас в том, что в имеющихся работах в целом отсутствуют сведения о корреляции седиментационных и палеомагнитных явлений в совокупности, позволяющей производить их статистический анализ. Кроме того, в большинстве работ, посвященных исследованиям палеомагнитной зональности осадочных толщ, не уделено должного внимания первичной гео-

логической информации, в частности, литологической характеристике разрезов. Из имеющихся публикаций удалось выбрать для целей корреляции лишь I5 разрезов на континентах и 6 колонок океанических скважин. Помимо этого, 3 разреза были любезно предоставлены нам Д.М.Печерским. Перечисленные разрезы и колонки включают границы 53 разновозрастных палеомагнитных зон и эпизодов, что составляет четвертую часть известного ныне общего количества палеомагнитных рубежей фанерозоя (200-225 инверсий). Дополнительно рассмотрены содержащиеся в указанных разрезах данные, характеризующие 42 случая как разновозрастных, так и одновозрастных инверсий.

Палеомагнитные колонки континентов сопоставлялись с соответствующими ритмограммами, построенными по изменению гранулометрического состава пород и изменению мощности элементарных ритмов (рис. Iа). Палеомагнитные колонки океанов сопоставлялись с климато-седиментационными кривыми, построение которых основано на количественном учете тепловодных и холодноводных организмов (рис. Iб), карбонатности осадков (рис. Iв) и изотопно-палеотермометрических данных (рис. Iг).

Поскольку осадконакопление представляет собой периодический процесс, который может перемещаться в пространстве, его можно охарактеризовать некоторой волной, которую мы будем называть седиментационной. С е д и м е н т а ц и о н н а я в о л н а (ξ) определяется как величина, пропорциональная мощности ритма и измеряемая в единицах, равных 0,I амплитуды полуволны. Амплитуда представляет собой разность максимальной и минимальной мощностей ритмов, образующих полуволну в зоне рассматриваемой инверсии. С другой стороны, седиментационную волну можно построить по ранговым номерам, придаваемым породам различного гранулометрического состава в ритме /5/, а также по различным значениям карбонатности и др. (рис.I).

Величина ξ для ритмограмм, отвечающих разрезам древнего полярного сегмента Земли, вычислялась, исходя из того, что минимумы седиментации в экваториальных областях соответствуют максимумам в полярных областях (с учетом влияния меридианного перекоса: полярным трансгрес-

Таблица I

№ п/п	Местонахождение разреза	Возраст	Инверсия с появлением R-зоны: ξ_R	$\frac{\Delta \xi_R}{\Delta T}$	Инверсия с появлением N-зоны: ξ_N	$\frac{\Delta \xi_N}{\Delta T}$	Наименование разделов, зон и эпизодов; литературный источник
I	р.Лена,						
2	г.Ходар	$Є_3$			0	0	
3			2	+4			– /23/
4	р.Лена,				4	–8	
5	Березовское	O_{2-3}	I0	0			
6					5	–I0	– /23/
7	Подолия	D	0,7	+I,5			
8			I0	0			– /25/
9	Донбасс	C_3-P_1			6,4	–7	
I0			3,2	+6,5			– /25/
II		P_2^{tt}			8,5	–3	
I2	р.Бятка		9,5	+I			
I3					0,5	–I	– /27/
I4	Чукотка,	T_2^{an}	I0	0			
I5	Хивач		I0	0			
I6					5	+I0	н. в. Северо-Дон. /I6/
I7	Чукотка,	$J_2^{pl_2}$	7,3	+5,5			
I8	Старт-Финиш				8	–4	н. в. Лево-Кедон. /I6/
I9			9	+2			
20					5,2	–9,5	н. в. Мазеру (?)
2I	Анабар	J_1^t	I0	0			
22			9,5	+I	0	0	– /2I/
23	Чукотка,	J_2^{aa1}	I0	0			
24	Старт				I	+2	н. в. Стартовая /I6/
25	Анабар	J_2^b			8	–4	в. Поспеловская /2I/
26					0	0	
27	Анабар	K_1^{vln}	I0	0			
28					0	0	Северо-Сибирская /2I/
29			7	+6			
30					5,5	–9	
3I	Хатангская впадина	K_1^h	5	+I0			Ширабадская /20/
32					6,4	–7	
33	Чукотка,	K_2^{ch}	9	+2			
34	б.Угольная				0	0	Кульджинская /I5, I6/
35	юг Украины,	N_2^2	I0	0			
36	Кольчугино				5	–I0	– /26/
37					6	–8	Гаусс-Гильберт
38	Апшеронский	N_2^3	I0	0			н. Маммот
39	полуостров				8,5	–I	в. /30/
40			I0	0			н. Матуяма
4I	Апшеронский				8	–4	в. Маммот
42	полуостров	N_2^3	7	+6			н. Каена
43	разрез I-I				9	–2	в. /29/
44					5	–I0	н. Олдувей
45	Среднее		3	+6			в.
46	Приобье	N_2^3			3	–6	н. Гильза
47	с.Гоньба		7	+6			в. /I9/
48					0	0	н. Харамильо
49			0,5	+I			в.
50	р.Днестр	N_2-Q			6,7	–6,5	Брюнес-Матуяма /I4/

Таблица 2

№ п/п	Возраст	Расположение и номер скважины	Инверсия с появлением R-зоны		Инверсия с появлением N-зоны		Наименование палеомагнитных рубежей	Литерат. источник
1	N_2	Экваториальная Атлантика, скв. К9-57			0	0	н} Гильза	/36/
2			10	0			в}	
3					8	-4	н} Харамильо	
4			0	0			в}	
5					0	0	Матуяма-Брюн	
6	N_2	Экваториальная часть Тихого океана, скв. V 24-58			10	0	н} Гильза	/35/
7			4	+8			в}	
8					0	0	н} Харамильо	
9			1,5	+3			в}	
10					0	0	Матуяма-Брюн	
11	N_2	Экваториальная часть Тихого океана, скв. V 24-59			0,5	+1	н} Нунивак	/35/
12			8	+4			в}	
13					0	0	н} Кохити	
14			6	+8			в}	
15					8,5	-3	Гаусс-Гильберт	
16			3	+6			н} Маммот	
17					10	0	в}	
18			3,3	+6,5			н} Каена	
19					9	-2	в}	
20			3,9	+8			Гаусс-матуяма	
21					0	0	н} Гильза	
22			5	-10			в}	
23					0	0	н} Харамильо	
24			5	+10			в}	
25					4	-8	Матуяма-Брюн	
26	N_2	Экваториальная часть Тихого океана, скв. V 24-62	0	0			Кохити (в)	/35/
27					9	+2	Гаусс-Гильберт	
28			10	0			н} Маммот	
29					9	-2	в}	
30			3	+6			н} Каена	
31					6	-8	в}	
32			1	+2			Гаусс-Матуяма	
33					6	+8	н} Гильза	
34			9	+2			в}	
35					2,5	-5	н} Харамильо	
36			7,2	+6,5			в}	
37					8,5	-4	Матуяма-Брюн	
38	N_2	Экваториальная часть Тихого океана, скв. RC11-209	6,5	-7			Гильза (в)	/35/
39					1	+2	н} Харамильо	
40			2	+4			в}	
41					0	0	Матуяма-Брюн	
42	Q	Карибское море скв. Р6304-9	0	0				/35/
43					6	-8	н} N -зона	
44			8	+4			в}	
45					7	-6	н} X-зона(Блейк)	
46			10	0			в}	
47					8,5	-3	н} Лашамп в	

сиям отвечают экваториальные регрессии, и наоборот). Результаты вычислений приведены в табл. I, 2.

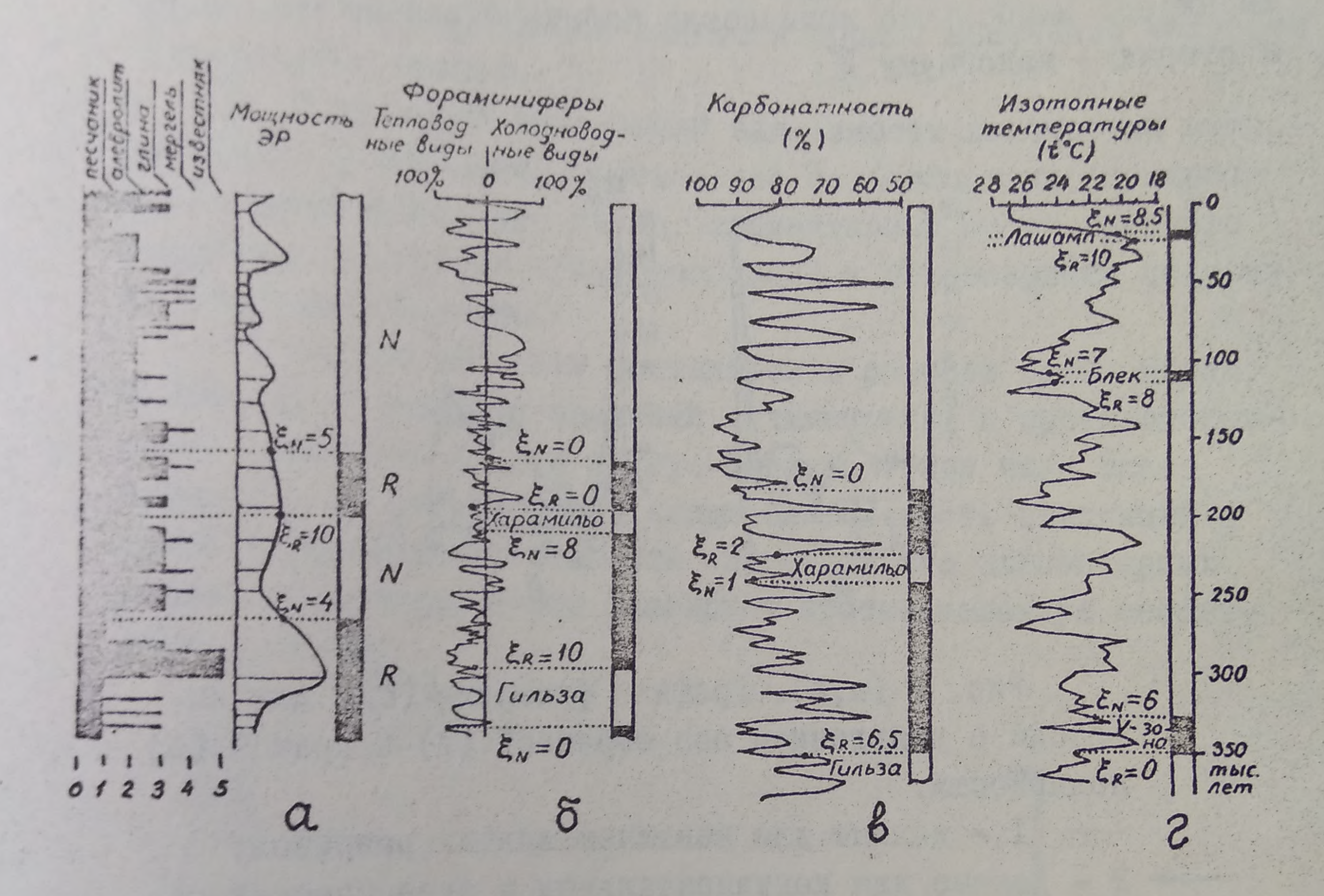


Рис. I (а-г). Схема сопоставления палеомагнитных колонок с соответствующими им ритмограммами.

а – ордовикские отложения Сибирской платформы, р.Лена, с.Березовское /23/; б – неоген-четвертичные отложения скв. К9-57 в экваториальной части Атлантического океана /37/; в – неоген-четвертичные отложения скв. РСII-209 в экваториальной части Тихого океана /36/; г – четвертичные отложения Карибского моря, скв.Р6304-9 /36/ (геохронологические данные Эмилиани условно сопоставлены с эпизодами стандартной шкалы эпохи Брюн).

Примечание: палеомагнитные колонки расположены справа от максимальных значений ξ соответствующих им разрезов.

По табличным данным были построены графики, отражающие зависимость количества инверсий от величины седиментационной волны ξ_i (рис. 2а,б). Кривые распределения числа инверсий с появлением зон прямой и обратной полярности в зависимости от ξ_i в общем носят противоположный характер: наибольшее количество первых отвечает минимуму, а вторых – максимуму ξ_i.

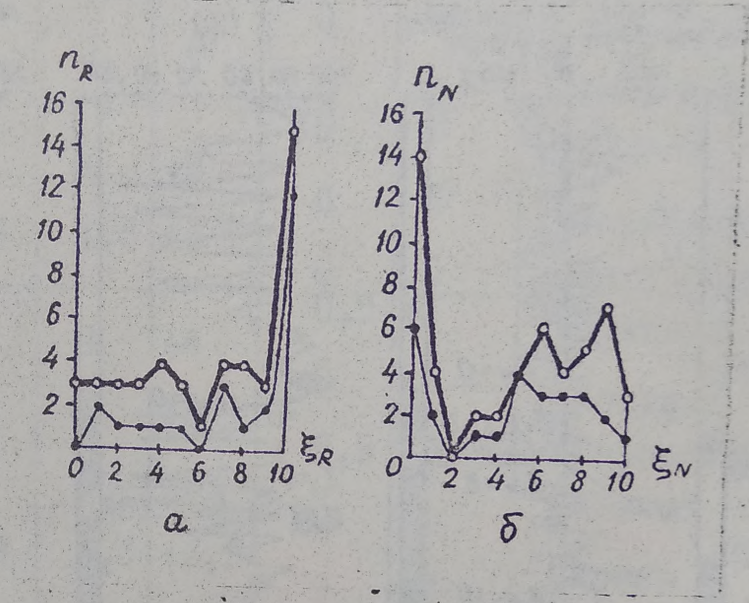


Рис. 2 (а,б). Графики функции $f(\xi_i)$ для инверсий с появлением зон обратной (а) и прямой (б) полярности.

—•— I – данные для континентальных разрезов;

—o— 2 – данные для континентальных и океанических разрезов.

Параллельно была получена зависимость количества инверсий от скорости приращения седиментационной волны $\frac{\Delta \xi_i}{\Delta T}$ (рис. 3 а-в). Приведенные графики свидетельствуют о том, что инверсии, соответствующие переходу от прямой к обратной намагниченности, тяготеют к положительным значениям $\frac{\Delta \xi_i}{\Delta T}$, а противоположные инверсии – к отрицательным. На графиках 3 (а,б) первую закономерность иллюстрируют I3 точек из I5, что отвечает 27 случаям инверсии из 29. Вторая закономерность подтверждена I5 точками из 20, что соответствует 29 инверсиям из 35. Максимальное же количество инверсий – 32 (33,3% общего количества рассмотренных инверсий) тяготеет к нулевому значению $\frac{\Delta \xi_i}{\Delta T}$. Распределение отличается наличием минимумов в области малых и средних значений абсолютных величин $\frac{\Delta \xi_i}{\Delta T}$.

В результате анализа вышеприведенных графиков можно сделать следующие выводы:

I. Наблюдается отчетливая корреляция между палеомагнитными инверсиями и различными проявлениями ритмики осадконакопления: изменением мощности элементарных ритмов, зернистости породы и карбонатности отложений. Наиболее благоприятными для корреляции являются кривые изменения мощности элементарных ритмов.

2. Отсутствие монотонной зависимости количества инверсий от ξ_i, вероятно, обусловлено особенностями формирования седиментационного цикла, элементарные ритмы которого дифференцируются на трансгрессивный и регрессивный полуритмы различной полноты.

3. R–зоны и N–зоны появляются в разрезе закономерно: вблизи экстремальных значений седиментации и противоположно по отношению друг к другу. Подошва N–зон чаще всего указывает на регрессивную последовательность отложений в цикле и минимальные мощности слагающих его элементарных ритмов. Появление R–зон фиксирует противоположную особенность разреза.

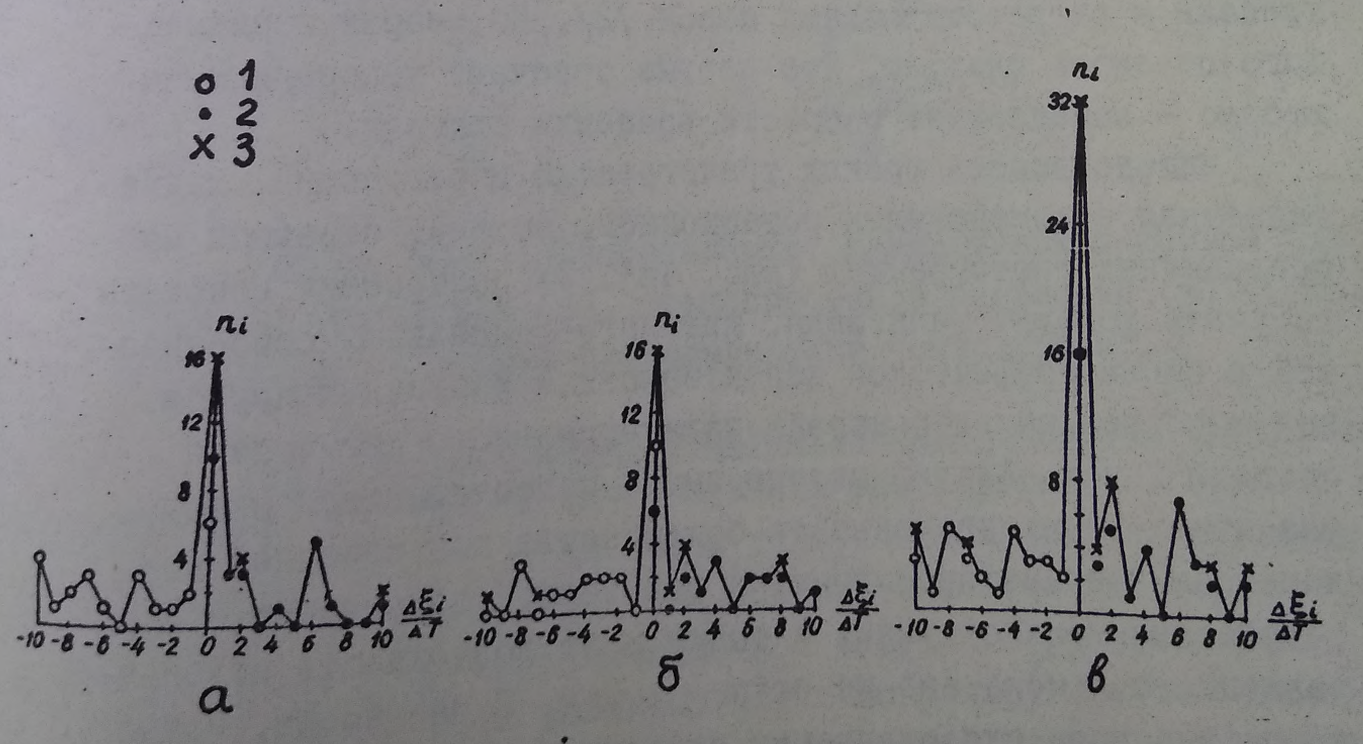


Рис. 3 (а–в). Графики функции $f\left(\frac{\Delta \xi_i}{\Delta T}\right)$ для континентальных разрезов (а), океанических разрезов (б) и сводный график (в).
I – n_N; 2 – n_R; 3 – n_i, равное $n_N + n_R$

4. Отмеченные закономерности позволяют предположить, что рассматриваемые процессы (палеомагнитный и седиментационный) связаны каким-то общим механизмом.

5. Поскольку энергетико-седиментационные изменения являются ротационно обусловленными /24, 34, 35/, то в нулевом приближении можно принять, что седиментационные волны (ξ) пропорциональны угловой скорости вращения Земли, а $\frac{\Delta \xi}{\Delta T}$ - пропорциональны ускорению. Тогда, согласно графикам на рис. 2,3, следует, что N-зоны (эпохи, эпизоды) будут сопряжены с уменьшением, а R-зоны (эпохи, эпизоды) - с увеличением скорости вращения Земли.

В целях проверки последнего положения было проведено сопоставление палеомагнитных данных с историко-планетарными явлениями, позволяющими более определенно судить об изменении ротационного режима планеты: трансгрессиями и регрессиями, тектоно-магматическими преобразованиями и изменениями климата.

Корреляция с трансгрессиями и регрессиями. Наиболее изученными в настоящее время являются экваториальные трансгрессии и регрессии юрских морей /2/. Из теории меридианного перекоса следует, что первые отвечают ускорениям, а вторые - замедлениям скорости вращения планеты.

Интенсивность юрских трансгрессий и регрессий, также связанная с изменениями ротационного режима, отражена на приведенных гистограммах (рис. 4в). Их построение основано на учете условий залегания, литолого-фациальных особенностей и биогеографической характеристики различных ярусов, зон и подзон юры в разрезах экваториального сегмента и средних широт. Анализ гистограмм и палеомагнитной шкалы указывает на приуроченность большинства зон обратной полярности к трансгрессивным, а зон прямой полярности - к регрессивным максимумам, а также дает возможность целенаправленного поиска еще не открытых зон. В частности, можно прогнозировать существование относительно продолжительной зоны обратной полярности для конца оксфорда - первой половины кимериджа и непродолжительных R-эпизодов для волжского века и первой половины ранней юры.

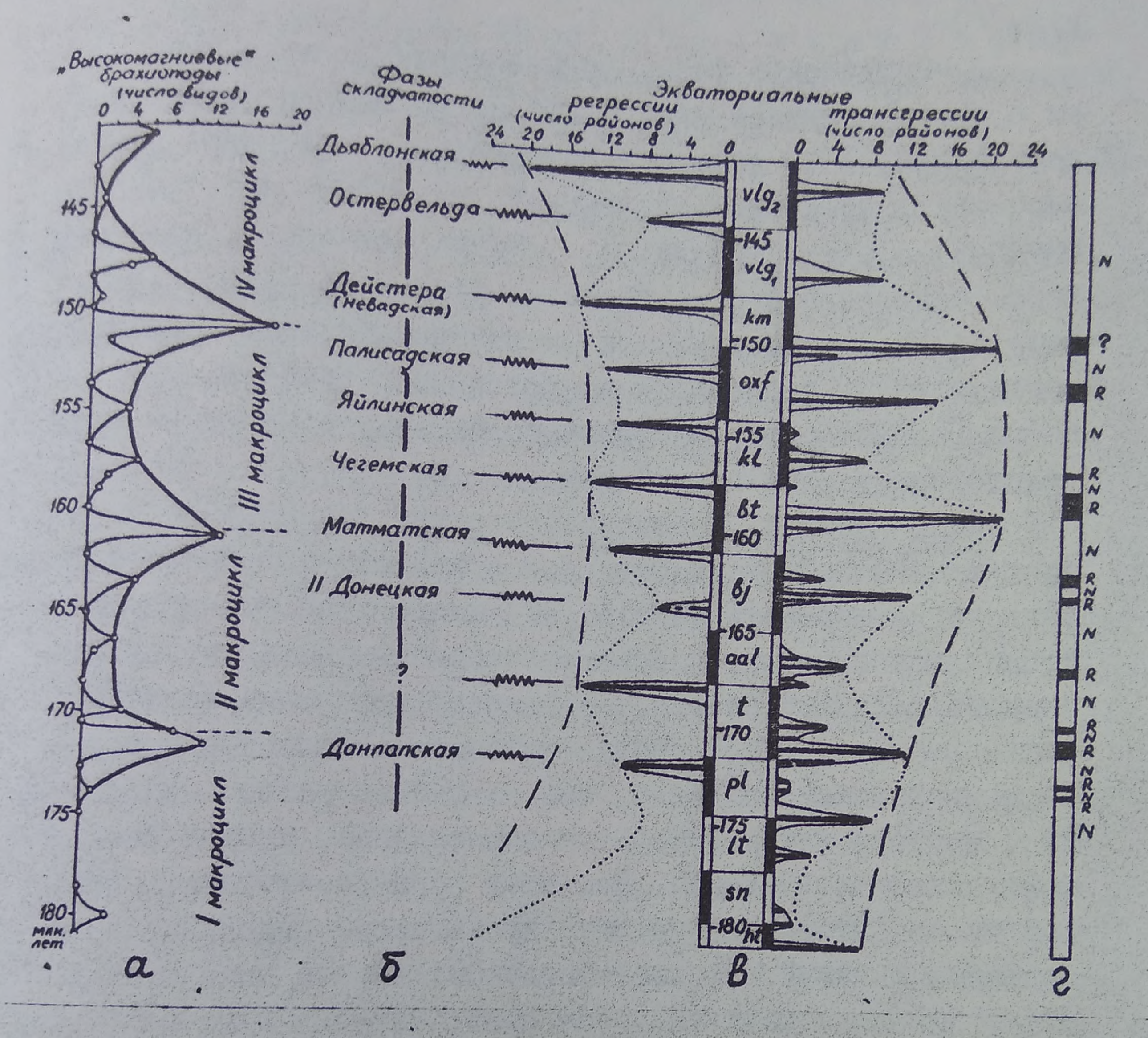


Рис. 4 (а-г). Сопоставление климатической кривой (а), тектонических фаз (б), трансгрессий и регрессий (в) юрского периода с юрским палеомагнитным "стандартом".

<u>Корреляция</u> <u>с</u> <u>тектоно</u>-<u>магматическими</u> <u>фазами</u>. Сравнение последовательности орогенических фаз и регрессий (рис. 4 б, в) свидетельствует об общем генетическом механизме указанных явлений: относительном подъеме и сжатии экваториального сегмента в условиях замедления осевого вращения Земли /33/. Эти явления довольно четко коррелируются во времени с зонами прямой полярности. Исключением являются данные по позднеплинсбахским (домерским) R-зонам, установленным недавно Д.М.Печерским. Однако их существование можно объяснить как наличием более дробной ритмики трансгрессий и регрессий, так и более резкой неравномерностью вращения Зем-

ли в течение орогенических фаз вследствие изменения ее фигуры x/.

Магматические фазы юрского периода также коррелируются с палеомагнитной шкалой. Фазам основного магматизма геосинклинальных систем экваториального сегмента и средних широт (раннетоарской, ааленской, позднебайосской, позднебатской, среднеоксфордской и /?/ раннекимериджской) отвечают эпохи обратной полярности магнитного поля Земли. Корреляция с фазами кислого магматизма является затруднительной ввиду неточности их датировок. Единичные же сведения (в частности, для раннего бата) указывают на их соответствие этапам прямой полярности.

Корреляция с палеоклиматическими данными. Попытка сопоставления палеомагнитных зон с кривыми колебаний климата была предпринята ранее /36, 37/ на примере плиоцен-четвертичных карбонатных осадков экваториальной части Атлантического и Тихого океанов. Сравнение кривых карбонатности осадков с биоклиматическими и изотопно-палеотермометрическими кривыми показало, что различные палеомагнитные зоны и эпизоды характеризуются определенным числом эпох похолодания и потепления. При этом в разрезах экваториальной части Тихого океана была произведена индексация карбонатных минимумов, соответствующих эпохам похолодания /36/, для палеомагнитных зон Брюн, Матуяма и Гаусс (общая продолжительность - 3 млн. лет).

Однако, корреляция палеоклиматических и палеомагнитных данных не может быть сведена к установлению их временной последовательности. Математическое описание и статистический анализ климато-седиментационных кривых океанических разрезов, проведенные нами по табл. 2, позволили сделать вывод, что для плиоцен-четвертичного этапа наибольшее количество инверсий с появлением зон прямой полярности (n_N) коррелируется с палеоклиматическими максимумами

x/ Последнее явление хорошо иллюстрируется знакопеременным магнитным полем, существовавшим в конце крупных тектонических эпох и в течение эпох развития материковых оледенений, часто изменявших фигуру Земли.

(рис. 2б), а наибольшее число р а з л и ч н ы х инверсий (n_i) для этого этапа отвечает экстремальным значениям палеоклиматических кривых (рис. 3б).

Корреляция рассматриваемых явлений была проведена и для более крупных этапов. Периодичность климатических изменений, кратная 3 и 10 млн. лет, хорошо фиксируется при помощи биогеохимического теста, основанного на подсчете количества видов брахиопод карбонатной магниево-кальциевой группы /8/ и проиллюстрирована на примере юрского периода (рис. 4а). Биоклиматическая кривая не обнаруживает четкой корреляции с палеоклиматической последовательностью этого периода.

Стандартная шкала палеомагнитных инверсий фанерозоя свидетельствует о наличии ряда закономерностей: длительного существования этапов прямой или обратной полярности и эпох со знакопеременным полем /12,18,31,32,33/. Сравнение графика продолжительности эпох, зон и эпизодов прямой и обратной полярности (рис. 5б) с кривой солярного климата фанерозоя (рис. 5а), вычисленной по седиментационным тестам, указывает на связь длительно существовавших эпох обратной полярности (кембрий, девон, пермь) с соответствующими эпохами аридизации. Последние, вероятно, обусловлены крупными изменениями ротационного режима и вызваны увеличением угла наклона эклиптики вследствие увеличения скорости осевого вращения Земли /33/.

Корреляция с преобразованиями органического мира. Как было отмечено выше, во многих случаях зафиксировано совпадение палеомагнитных рубежей с моментами появления или исчезновения различных видов морских организмов. Вопрос о влиянии изменений магнитного поля Земли, в частности его режима в период инверсии, на эволюцию наземных организмов, поднимавшийся во многих публикациях, является предметом специальных исследований. Для получения достоверных сведений о корреляции эволюционных преобразований организмов с палеомагнитными явлениями необходимо привлечение обширного материала, допускающего статистическую обработку. Весьма перспективным направлением корреляции является и изучение периодичности процессов формообразования, в частности, исследование изменения уровней симметрии у ор-

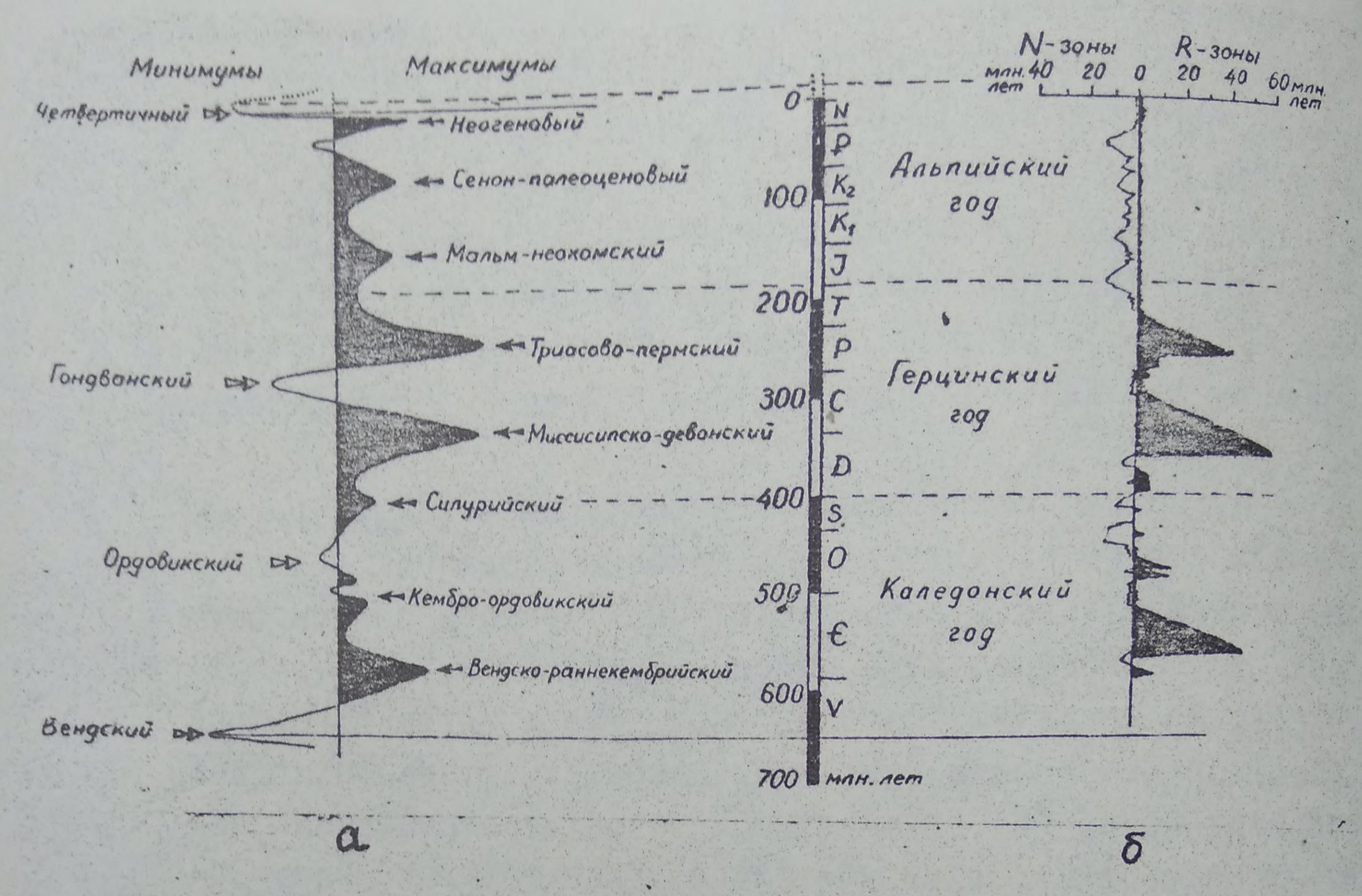


Рис. 5 (а,б). Сопоставление кривой солярного климата фанерозоя (а) с кривыми продолжительности зон прямой и обратной полярности магнитного поля Земли.

ганизмов геологического прошлого. Ранее /8/ было высказано предположение о связи определенных морфологических адаптаций брахиопод с палеомагнитными инверсиями. Оно иллюстрируется периодическим нарушением у ринхонеллидных брахиопод симметрии лобной комиссуры, приобретающей ∽ и ∼ образное очертание. Указанное явление не удалось прокоррелировать ни с одним из факторов изменения окружающей среды, за исключением палеомагнитных инверсий. Статистический учет количества видов брахиопод в составе фаун юрских, меловых и палеогеновых акваторий и числа особей в популяциях позволил установить, что увеличение количества видов ринхонеллид с асимметричной S-образной лобной комиссурой и увеличение числа их особей, вплоть до резкого доминирования в популяциях, сопряжено с инверсиями, соответствую-

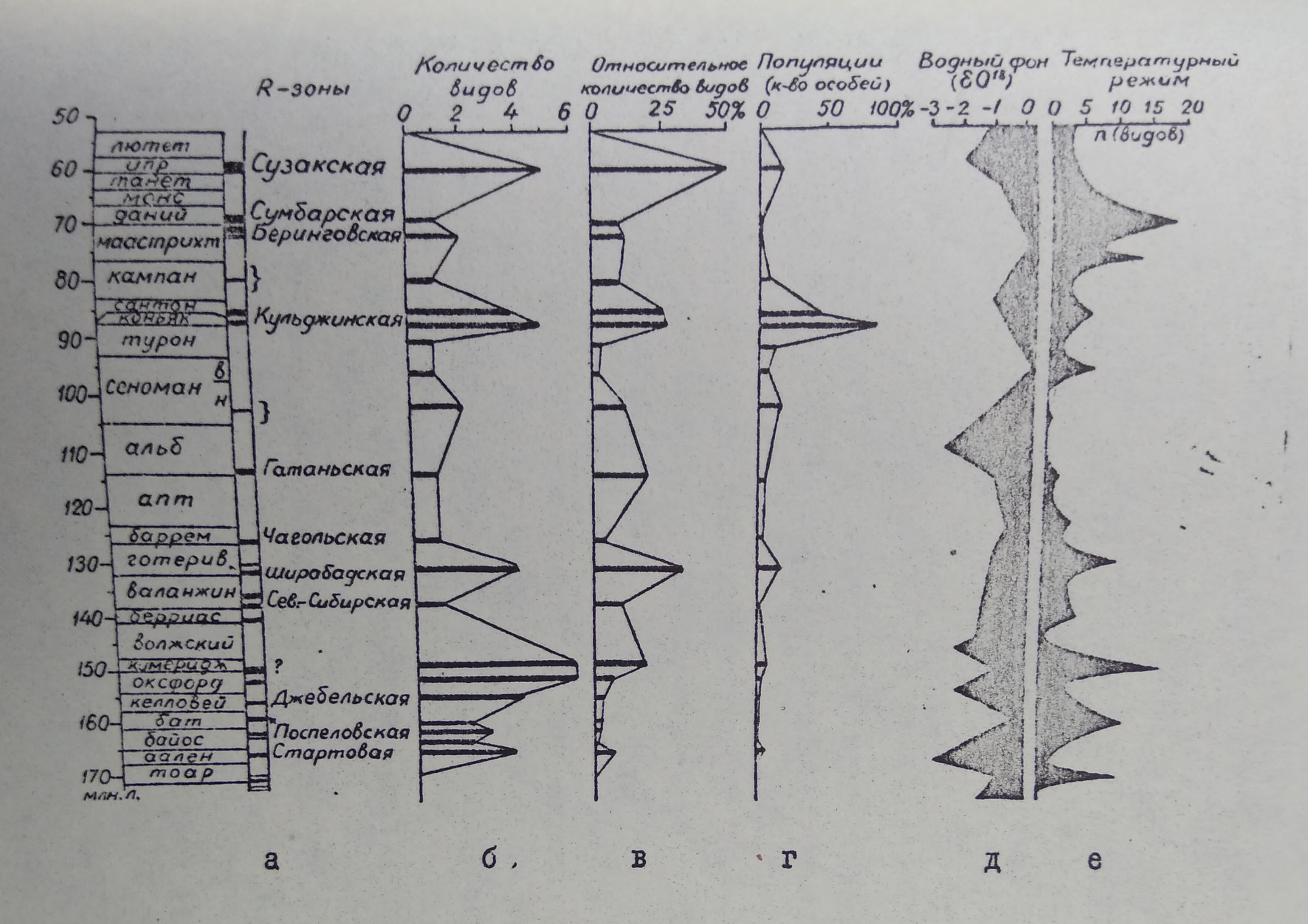


Рис.6 (а–е). Сопоставление кривых распространения ринхонеллид с асимметричной лобной комиссурой (б–г) с палеомагнитной шкалой (а) и кривыми изменения водного фона (д) и температурного режима (е) в относительных единицах по данным биогеохимических тестов.

щими переходу от прямой к обратной полярности. Особенно отчетливо эти преобразования происходили в раннем эоцене (сузакская R-зона), коньякско-раннесантонское время (кульджикская R-зона), в готеривском веке (ширабадская R-зона), в позднем оксфорде - кимеридже (предполагаемая R-зона) и в меньшей степени в датском веке (сумбарская R-зона), в позднем маастрихте (беринговская R-зона), в байосском веке и в позднем аалене (рис. 6).

Однако, хронологическая корреляция указанных явлений, хотя и не свидетельствует о генетической связи между ними, но, во всяком случае, и не отрицает ее и открывает возможности для дальнейших исследований.

Выводы

1. Подтверждена высказанная ранее точка зрения о возможности корреляции палеомагнитных явлений с историко-геологическими процессами.

2. Установлено, что режим изменения магнитного поля Земли коррелятивно связан не только с крупными эпохами тектогенеза, но и с частными тектоно-магматическими фазами, трансгрессиями и регрессиями, климатическими преобразованиями, а также с цикличностью и ритмичностью осадконакопления.

3. Рассмотренные данные позволяют прийти к выводу о ротационной обусловленности режима инверсий магнитного поля Земли. При увеличении скорости ее осевого вращения проявляется тенденция к переходу от прямой к обратной полярности, а при уменьшении - от обратной к прямой.

4. Полученные результаты в какой-то мере сопоставимы с данными моделирования по теоретической схеме двойного динамо /22/. Из этой модели следует, что инверсии магнитного поля всегда приурочены к максимумам скорости, т.е. к нулевому ускорению. Однако в модели двойного динамо не наблюдается замеченной нами приуроченности большинства границ перехода от обратной к прямой полярности к минимумам скорости.

5. Имеющиеся в настоящее время данные о сопоставлении палеомагнитных рубежей с эволюционными преобразованиями органического мира противоречивы. Результаты проведенных

исследований, по крайней мере, не отрицают возможности влияния изменений режима магнитного поля Земли на процесс изменения организмов.

6. Выводы, полученные в настоящей работе,носят предварительный характер и нуждаются в дальнейшем уточнении и детализации на большем фактическом материале. Для этой цели необходимо комплексное проведение палеомагнитных, ритмо-седиментационных, палеотектонических, палеогеографических и палеонтологических исследований в широких масштабах. Их анализ позволит выявить факторы эволюции органического мира, приблизиться к расшифровке и построению "реальных моделей земного магнетизма и других историко-геологических преобразований, получить сведения о взаимном влиянии рассмотренных процессов и на основании этого расширить представление о развитии подвижных земных оболочек и подойти вплотную к решению проблем планетарной периодизации.

Авторы выражают глубокую признательность Д.М.Печерскому, Г.Н.Петровой, А.Н.Храмову, Д.П.Найдину, Ю.С.Ржевскому и М.А.Пергаменту за обсуждение результатов работы, ценные указания и коррективы.

Литература

I. Апарин В.П., Власов А.Я. В сб. "Настоящее и прошлое магнитного поля Земли". Изд. "Наука", М., I965

2. Аркелл В. Юрские отложения Земного шара. Изд. Иностр. лит. М., 2I956

3. Балуховский Н.Ф. Геологические циклы. "Наукова думка", Киев, I966.

4. Бернар Э.А. В сб. "Проблемы палеоклиматологии" "Мир", М., I968.

5. Вистелиус А.Б. Красноцветные отложения полуострова Челекен. Литология. Опыт стохастического моделирования процессов солеобразования. "Наука", Л. М., I966.

6. Дарвин Д.Г. Приливы и родственные им явления в Солнечной системе. Изд. второе. "Наука", М., I968.

7. Зубаков В.А. В сб. "Международ. геолог. конгресс, XXIII сессия, Докл. советск. геологов, пробл. 6 и I3 а (Проб-

лемы геохимии и космологии). "Наука", М., 1968.

8. Кац Ю.И. В сб."Вторая всесоюзная конференция по мезозойским и кайнозойским брахиоподам". Тезисы докладов. Харьков, 1971.

9. Личков Б.Л. Природные воды Земли и литосфера. Зап. геогр.общ.Союза ССР, т. 19, Изд. АН СССР, М.-Л.,1960.

10. Лунгерсгаузен Г.Ф. В сб. "Проблемы планетарной геологии". Госгеолтехиздат, М., 1963.

11. Малиновский Ю.М., Флоренский П.Ф. В сб."Проблемы планетарной геологии", М., 1963.

12. Молостовский Э.А. В сб. "Матер. УШ конф. по постоянному геомагн. полю и палеомагнетизму" Ч. П. Изд. "Наукова думка", Киев, 1970.

13. Монин А.С. Вращение Земли и климат. Гидрометеоиздат, Л., 1972.

14. Певзнер М.А. В сб."Матер. УШ конф. по постоянному геомагн. полю и палеомагнетизму" Ч. П. Изд. "Наукова думка", Киев, 1970.

15. Пергамент М.А. Биостратиграфия и иноцерамы туронских и коньякских отложений Тихоокеанских районов СССР. Труды Геол. ин-та АН СССР, вып. 212. Изд. "Наука" М., 1971.

16. Пергамент М.А., Печерский Д.М., Храмов А.Н. Изв. АН СССР, сер. геол., № 10, 1971.

17. Петрова Г.Н., Храмов А.Н. Изв. АН СССР, сер. физика Земли, № 4, 1970.

18. Печерский Д.М. Изв. АН СССР, сер. физика Земли, № 6, 1970.

19. Поспелова Г.А., Гнибиденко З.Н. Геология и геофизика, № 5, Новосибирск, 1971.

20. Поспелова Г.А., Ларионова Г.Я. Геология и геофизика, № 8, Новосибирск, 1971.

21. Поспелова Г.А., Ларионова Г.Я., Анучин А.В. Геология и геофизика, № 9, Новосибирск, 1967.

22. Рикитаки Т. Электромагнетизм и внутреннее строение Земли. Изд. "Мир", М., 1971.

23. Родионов В.П., Сидорова Э.П. В сб."Палеомагнит. стратиграф. исследования". Труды ВНИГРИ, вып. 204. Гостоптехиздат, Л., 1963.

24. Стовас М.В. Некоторые вопросы тектогенеза. Проблемы

планетарной геологии. Госгеолтехиздат, М., 1963.
25. Третяк А.Н. Палеомагнетизм среднего и верхнего палеозоя УССР. Изд. "Наукова думка" Киев, 1965.
26. Третяк А.Н. Геофизич. сборник вып. 45, Киев, 1972.
27. Форш Н.Н. В сб. "Палеомагн. стратигр. исследов. Труды ВНИГРИ, вып. 204, Госгеолтехиздат, Л., 1963.
28. Хаин В.Е. Общая геотектоника. Госгеолтехиздат, М., 1964.
29. Храмов А.Н. Палеомагнитная корреляция осадочных тощ толщ. Труды ВНИГРИ, вып. 116, Гостоптехиздат, Л., 1958
30. Храмов А.Н. В сб. "Палеомагнит. стратиграф. исследов. Труды ВНИГРИ, вып. 204, 1963.
31. Храмов А.Н. Изв. АН СССР, сер. физика Земли, № 1,1967
32. Храмов А.Н., Родионов В.П., Комиссарова Р.А. В сб. Настоящ. и прошл. магнитн. поля Земли. Изд. "Наука", М., 1965.
33. Храмов А.Н., Шмелева А.Н. В сб. Палеомагнитн. стратиграф.исследования. Труды ВНИГРИ, вып. 204, Л., 1963.
34. Цареградский В.А. К вопросу о деформациях земной коры. Проблемы планетарной геологии. Госгеолтехиздат, М., 1963.
35. Шнитников А.В. Вопросы географии, сб. 79. Ритмы и цикличность в природе. Изд. "Мысль" М., 1970.
36. Hays J.D., Saito T., Opdyke N.D., Burckle L.H. Geol. Soc. Amer. Bull. vol. 80, N 8, 1969.
37. Ruddiman W.F. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 82, N 2, 1971

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

В.А.КРАСИЛОВ
Биолого-почвенный институт
ДВНЦ АН СССР

КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И МЕГАЭВОЛЮЦИЯ

Смены фаун и флор в геологической летописи отмечены резким изменением численности видов на определённых стратиграфических рубежах. Изменения количественных соотношений в биогеоценозах имеют далеко идущие эволюционные последствия и, в свою очередь, обусловлены климатическими циклами. Последние определяются космическими факторами, изменениями ротационного режима Земли, которые ответственны также за инверсии магнитного поля и тектогенез, в свою очередь влияющий на климат и выступающий в роли дополнительного фактора эволюции.

С действием космических факторов связывают как отдельные эпизоды видообразования или исчезновения видов, так и глобальные смены фаун и флор. Последние нередко считают результатом постепенного и разновременного в разных группах обновления видового состава. Между тем, данные палеонтологии свидетельствуют о резком изменении всей биоты на определенных стратиграфических рубежах. Палеонтолог, ведущий фаунистические или флористические исследования, ощущает это наиболее остро, так как область его компетенции чаще всего ограничена теми же рубежами. Например, специалист по юрской флоре может без особых усилий переключиться на флору мела или триаса: основные группы растений окажутся знакомыми. Однако, если в его руки попадет коллекция из перми или палеогена, ему придется осваивать совершенно новые разделы

систематики. Палеонтологу, изучающему одну группу животных или растений, такие внезапные скачки менее заметны, но и здесь, как правило, существуют стратиграфические рубежи, на которых состав группы кардинально изменяется, или она вымирает, или становится настолько редкой, что заниматься ею специально уже не имеет смысла.

Что же происходит на этих рубежах? Можно ответить, что происходит вымирание одних групп организмов и появление других, но это будет не совсем точно, так как эпизоды вымирания в разных группах не всегда совпадают во времени (хотя, например, нилссонии, аммониты и динозавры вымерли одновременно), нередко значительно растянуты, а появления почти никогда не приурочены к стратиграфическим границам. По-видимому, основное событие здесь - это р е з к о е и з м е н е н и е ч и с л е н н о с т и и в с т р е ч а е м о с т и в и д о в. Все остальное можно рассматривать как его последствия.

Когда мы говорим о сохранении общего характера биоты в течение длительных промежутков времени, то мы имеем в виду не только таксономический состав, но и определенные количественные соотношения. Например, в любой мезозойской флоре Сибири доминировали чекановскиевые и гинкговые, а в более южных районах - хвойные и беннеттитовые. Большие размеры популяций доминирующих видов связаны с их образом жизни, особенностями репродукции. Иными словами они приспособлены к положению доминантов и могут существовать лишь в качестве таковых. Так в позднем мелу и палеоцене были широко распространены леса из хвойных деревьев семейства таксодиевых - секвойи, метасеквойи и болотного кипариса. Сейчас эти деревья сохранились на сравнительно небольших территориях, но там, где они растут, они по-прежнему играют роль доминантов. Сокращение численности быстро ведет к упадку доминирующих видов и, соответственно, к изменению структуры биоценозов.

Для второстепенных видов с иной популяционной структурой сокращение численности может и не иметь столь пагубных последствий. Однако и здесь уменьшение популяций и их разобщение приводит к эволюционным сдвигам за счет дрейфа генов. С другой стороны, деградация доминантов и появление свобод-

ных экологических ниш предопределяет увеличение численности преадаптированных видов. Здесь более интенсивный обмен генами, гибридизация, закрепление аллополиплоидов и хромосомных мутантов, образование неовидов из небольших колоний основателей и другие формы диверсификации /34/ могут рассматриваться как эпифеномены увеличения численности. Складываются новые доминирующие группы.

Таким образом, изменение общего облика биоты вследствие смены доминирующих групп на основных стратиграфических рубежах представляет собой цепь взаимосвязанных эволюционных событий, в которой первым звеном служит изменение численности. А поскольку численность - экологическая характеристика вида, то ее изменения можно связать с действием тех или иных экологических факторов. Эти факторы весьма разнообразны, но мы можем исключить из обсуждения те из них, которые в конечном счете ведут к подвижному равновесию (например, в системах хищник - жертва или паразит - хозяин) или слишком кратковременны по своему действию (эпидемии, радиация). Хотя крупные перестройки биоты происходят быстро по сравнению с периодами относительной стабильности, но все же они растянуты на миллионы лет. Конкурентное исключение также не может быть принято в качестве ведущего фактора, так как оно не объясняет одновременного изменения морских и наземных сообществ. Кроме того, заполнение экологических ниш новой доминирующей группой, как правило, происходит значительно позднее вымирания прежних доминантов (история замещения динозавров млекопитающими хорошо иллюстрирует это положение). Остаются такие факторы глобального значения, как тектогенез, изменения магнитного и гравитационного полей, климата и газового состава атмосферы.

Анализируя эти факторы, мы опираемся на совпадение зафиксированных геологической летописью следов их действия с теми или иными эволюционными эпизодами. При этом необходимо соблюдение следующих условий:

I) Наличие объективных геологических свидетельств действия данного фактора. Тектогенез, инверсии магнитного поля и климат отвечают этому условию. Некоторые особенности жизненных форм вымерших растений и животных как будто указывают

на изменение силы тяжести /5/, но они пока не могут быть признаны объективными свидетельствами. Приблизительно так же обстоит дело и с изменением газового состава атмосферы в течение последних 500 миллионов лет. Предполагаемая корреляция между вымираниями и скоростью метаболизма (которая могла бы указывать на ведущую роль изменения содержания кислорода) не вполне достоверна /44/. Устойчивость газового состава атмосферы обеспечивается рядом гомеостатических механизмов /5I/ и может быть нарушена, вероятно, лишь вследствие значительных изменений климата /37/.

2) Глубокое воздействие данного фактора на органический мир. Таким воздействием безусловно обладают климат, сила тяжести и состав атмосферы. Биологическое значение инверсий магнитного поля не вполне ясно. Во всяком случае от гипотезы прямого летального воздействия космической радиации во время инверсий пришлось отказаться /39/. С тектогенезом связаны морские трансгрессии и регрессии, возникновение новых биотопов и миграционных путей (или их уничтожение). Во всех случаях прямое воздействие тектогенеза оказывается более или менее локальным. Более важным для органической эволюции может быть косвенное воздействие тектогенеза за счет его влияния на климат. Отметим, что лишь климатический фактор вполне отвечает обоим условиям.

В другой работе /8/ я пытался показать, что изменения климата (и в первую очередь температурных условий) отражаются на емкости экосистем, воздействуя одновременно на видовое разнообразие, длину пищевых цепей, уровень специализации, размеры популяций, скорость распространения мутаций, репродуктивные механизмы и т.д. Они не только обусловливают вымирания и миграции, но и предопределяют направленность эволюционного процесса. Прямая зависимость между климатическими циклами и этапами эволюции организмов теоретически вполне оправдана. Посмотрим, подтверждается ли она геологической летописью.

Источниками наиболее надежной информации о палеоклиматах служат палеоботаника и изотопная палеотермометрия. Наибольшее количество палеотермометрических данных приходится на юру и мел, поэтому целесообразно начать с этих периодов.

Обедненные морские сообщества рэта свидетельствуют о похолодании. Однако в рэте еще широко распространена теплолюбивая растительность с Lepidopteris (вероятно, мангры). Их исчезновение в начале лейаса, очевидно, связано с более значительным падением температур. О похолодании свидетельствует экспансия чекановский (в раннем лейасе Западной Европы, на востоке Азии и др.), камптоптеридных папоротников типа Thaumatopteris с узкими перышками глубоко рассеченных листьев, а также некоторые данные изотопной палеотермометрии /36/.

Юрские эпохи отвечают климатическим циклам с оптимумами в первой половине тоара (по данным палеотермометрии и палеоботаники /18/) и конце байоса (судя по увеличению разнообразия Coniopteris, Dicksonia, Eboracia и других циатеевых папоротников), похолоданиями в конце тоара-аалене и в бате /22/.

Для поздней юры и мела автор реконструировал клисерии (смены растительности, обусловленные изменениями климата), используя обширные палеоботанические данные по позднеюрской - раннемеловой флоре Буреинского бассейна, раннемеловой Приморья, позднемеловой - палеогеновой Сахалина и Зее-Буреинской впадины /9/. По клисериям Приморья и Буреинского бассейна устанавливается потепление в течение поздней юры. Термический оптимум приходится на волжский ярус - берриас. Затем следует похолодание в валанжине и,еще более значительное,между валанжином и барремом, по-видимому, связанное с готеривским тектогенезом. Далее климат становится более теплым вплоть до апта. В альбе начинается похолодание, которое кульминирует в сеномане.

Позднемеловые-палеогеновые клисерии Сахалина и Буреинского Цагаяна указывают на потепление в течение турона-кампана, постепенное ухудшение температурного режима в маастрихте и резкое похолодание в датском веке - начале палеоцена, после чего следует новая амелиорация климата.

В каждом случае мы рассматривали крупные тафофлоры, принадлежащие различным климатическим зонам, которые условно можно обозначить как субтропическую (Приморье в раннем мелу, Сахалин в позднем мелу) и умеренную (Буреинский бас-

-сейн в юре-раннем мелу, Зее-Буреинская впадина в конце мела). Параллелизм соответствующих клисерий показывает, что мы имеем дело с общими, а не локальными изменениями климата.

Эта реконструкция в значительной мере подтверждается данными изотопной палеотермометрии. Высокие значения позднеюрских палеотемператур получены для различных районов Русской платформы, Западной Европы, Гренландии и Новой Зеландии /I/. Позднеюрский климатический оптимум захватывает и берриас. В неокоме наблюдается похолодание: в Закавказье от 27-27.2°С в валанжине до I9-20°С в готериве /29/, в Западной Сибири от I7-20°С в валанжине до I0-I3°С в готериве /I/. Некоторое потепление в начале апта и значительное похолодание в позднем альбе (до I2-I3°) установлены по различным группам ископаемых беспозвоночных Закавказья /29/.

Альбское похолодание, по-видимому, имело исключительно важное значение как для морских, так и для наземных экосистем. В это время резко уменьшается роль цикадофитов, гинкговых и чекановскиевых, во многих захоронениях, расположенных на различных широтах, впервые появляются цветковые растения. С этими событиями обычно связывают границу "мезофита" и "кайнофита". Однако мезозойские группы голосеменных (чекановскиевые, нилссонии, беннеттиты) полностью вымирают лишь к концу мела. Основными доминантами позднемеловой эпохи остаются хвойные. Покрытосеменные здесь уже довольно разнообразны, но экологически, очевидно, играют подчиненную роль в большинстве растительных формаций. Поэтому, при всей важности позднеальбских событий, их нельзя признать завершением "мезофита".

В позднем мелу по данным изотопной палеотермометрии для Западной Европы климатический оптимум приходится на коньяк-сантон. Здесь наблюдается некоторое расхождение с палеоботаническими данными. Не исключено, что жонкьерская флора Сахалина, отвечающая климатическому оптимуму, имеет не кампанский, а несколько более древний возраст. На такую возможность указывают последние результаты изучения сахалинских иноцерамов /I6/. С другой стороны, коньяк-сантонский оптимум не подтверждается палеотермометрическими данными по Русской платформе и Сибири. О падении температур в конце мела свиде-

тельствуют особенности датской морской фауны /17,24/. Резкий характер мелового вымирания, возможно, связан с тем, что температурный максимум действительно приходится на кампанский век, т.е. непосредственно предшествует маастрихт-датскому похолоданию.

Мы видим, что к а ж д о й э п о х е ю р с к о г о и м е л о в о г о п е р и о д о в о т в е ч а е т к р у п н ы й к л и м а т и ч е с к и й ц и к л с оптимумом, приходящимся не на середину, а на вторую половину эпохи (ранний тоар, поздний байос, апт, кампан). Рубежам между эпохами предшествует похолодание (в рэте, тоаре-аалене, бате, альбе, маастрихте). Климатический минимум падает на стратоэкотон ("переходные слои") или начало следующей эпохи - геттанг, келловей, сеноман, датский ярус (стратоэкотон чаще включают в верхнее из стратиграфических подразделений, между которыми он расположен).

По-видимому, такая связь между изменениями климата и стратиграфическими рубежами не случайна. Во время климатического оптимума усиливается диверсификация и специализация, гомогенизация генетической структуры популяций. Похолодание сначала ведет лишь к частичному обеднению биоценозов, но, превысив предел их устойчивости, оно вызывает резкую перестройку, сопровождаемую массовыми вымираниями и распространением новых адаптивных типов.

Ситуация на рубеже юры и мела кажется аномальной. Похолодание в конце юры не выражено (лишь на севере Сибири отмечается похолодание, по-видимому, местного значения /19/), наоборот, климат становится теплее вплоть до берриаса. Можно предположить, что или направленность изменения климата определена неверно, или позднеюрские биоценозы реагировали на изменение температурных условий иначе, чем другие. Мне, однако, кажется более правдоподобным, что принимаемый в настоящее время рубеж юры и мела не отвечает естественному рубежу между системами. Положение берриаса остается спорным /4,19,52/. Необходимо, кроме того, обратить внимание на события, произошедшие между валанжином и барремом. Как показали В.Н.Верещагин /2/ и другие авторы, готеривский орогенез, нередко сопровождаемый перерывами в осадконакоплении,

сыграл большую роль в формировании геологической структуры Тихоокеанского кольца. Этим временем датируются наиболее древние осадки дна Тихого океана /35/, а также начальный этап образования краевых морей. Готеривский орогенез проявился не только в районе Пацифики, но и за его пределами (например, в Иране /46/). Не исключено, что именно он (точнее, связанное с ним похолодание) определяет естественную границу юры и мела.

Для других периодов данных пока мало, но они не противоречат найденной выше закономерности. Известно, что первая кардинальная перестройка морских биоценозов, положившая начало палеозою, совпадает с кембрийским оледенением, которое многие считают крупнейшим из всех фанерозойских оледенений /45/. Так называемый намюрский скачок, обозначивший нижнюю границу верхнего палеозоя в Евразии и границу между миссисипием и пенсильванием в Северной Америке, по-видимому, связан со значительным похолоданием /13/ и началом позднепалеозойского оледенения Гондваны. В начале перми устанавливается похолодание. Температурный оптимум этого периода падает на кунгурский и уфимский века, затем, в казанском веке климат становится более холодным /23/. Смену морских сообществ и фаций на границе слоев с Claraia и Paratriolites, прослеживаемую на большом расстоянии, связывают с изменением климата /48/. В кайнозое два климатических оптимума - эоценовый - раннеолигоценовый и среднемиоценовый - намеченные палеоботаниками для Северной Америки, Западной Европы и Японии, подтверждаются данными по морским беспозвоночным /30/. Хотя детали еще во многом неясны, все же вполне отчетливо вырисовываются крупные асимметричные климатические циклы, отвечающие палеогену и неогену и аналогичные ранне- и позднемеловому циклам. Ледниковые отложения в высоких широтах известны уже в миоцене, однако значительное похолодание в глобальном масштабе началось лишь в позднем плиоцене /45/ и кульминировало в начале нового четвертичного цикла.

Не вызывает сомнений, что крупные климатические циклы были осложнены флюктуациями более высоких порядков. Многие палеоклиматические данные относятся к отдельным интервалам, отвечающим этим относительно кратковременным флюктуациям.

Если по ним пытаются судить о климате всей эпохи, то результаты получаются весьма противоречивыми. Напомню в этой связи о признаках среднеэоценового похолодания, описанных рядом авторов.

Клисерии, которыми мы располагаем, в большинстве случаев недостаточно детальны, чтобы судить о стратиграфических границах, подчиненных эпохам. Однако отдельные исследования /38/ показывают, что границы ярусов и зон имеют климатогенную природу. Как известно, климатостратиграфический принцип уже давно используется в четвертичной геологии. По Е.В.Шанцеру /26/ "практически глобальное значение вошедших уже в практику климатостратиграфических подразделений четвертичной системы доказано с полной убедительностью всей историей четвертичной геологии и находит все новые и новые подтверждения, в частности при изучении морского и океанического дна".

Таким образом, глубокое воздействие климатических циклов на эволюцию органического мира полностью подтверждается геологической летописью. Между тем, многие исследователи отмечают совпадение эволюционных событий с эпизодами тектогенеза или геомагнитными инверсиями. В том, что такое совпадение действительно имеет место, сомневаться не приходится (вымирания отдельных видов фораминифер часто коррелируются с геомагнитными инверсиями; массовые вымирания в конце палеозоя и мезозоя также совпадают с периодами наибольшей нестабильности магнитного поля). Но не следует упускать из виду синхронные этим событиям изменения климата, которые, вероятно, и были наиболее действенным фактором, тогда как сопутствующие им инверсии и тектогенез (а также, возможно, изменения газового состава атмосферы) играли вспомогательную или в эволюционном смысле почти нейтральную роль. Во всяком случае логично допустить причинную связь между этими явлениями.

В объяснении климатических циклов соперничают две концепции - астрономическая и геологическая. Астрономическая гипотеза гляциальных циклов предложенная Миланковичем, выдержала проверку /I4,33/. Крупнейшие циклы в 280 миллионов лет, приблизительно отвечающие геологическим эрам, по мне-

нию Лунгерсгаузена /I2/, Стейнера /47/ и некоторых других исследователей, связаны с изменением положения Солнечной системы по отношению к центру Галактики. С другой стороны, все больше подтверждений получает планетарный характер фаз тектонической активности, которые по расчетам Брукса /32/ и других авторов, должны вызвать значительные изменения климата. Обе концепции располагают убедительными доказательствами и компромисс между ними достижим при допущении, что периодичность тектогенеза обусловлена теми же астрономическими факторами, что и периодичность климатических изменений.

В том, что это допущение оправдано, убеждает в первую очередь, изучение планетарной системы трещин, ориентировка которой связана с ротационным режимом Земли /3,25,27/. Рифты и срединно-океанические хребты также являются элементами этой системы. Ротационно-инерционные силы в качестве тектогенетического фактора служат альтернативой не вполне достоверному механизму конвекционных течений /I5,40/. Гипотеза плитовой тектоники была первоначально предложена для симметричных образований типа Атлантического океана. Ее экстраполяция на асимметричную структуру Пацифики потребовала введения дополнительных факторов. Особенно трудной оказалась интерпретация островных дуг и краевых морей. Здесь нет необходимости в подробном обсуждении этой проблемы, ей посвящен ряд обзорных работ /42,43/. Наиболее популярна сейчас диапировая гипотеза /41/, согласно которой плавление погружающейся океанической плиты вызывает локальное расширение, дробление края континента и отодвигание от него островной дуги. Однако эта гипотеза не объясняет, почему диапировое расширение наблюдается лишь на западной границе Пацифики, тогда как погружение плиты на востоке не имеет тех же последствий. Кроме того, вне поля зрения диапировой гипотезы остается немаловажный феномен миграции геотектонической активности, которая по обе стороны Пацифики направлена на восток. По мнению автора /7/, миграция геосинклинального режима объясняется западным дрифтом азиатской и американской плит и их прохождением над неподвижными "горячими зонами" глубинных разломов. При этом на тыльной стороне дрейфующей плиты в силу инерции возникают цепи островов, постепенно, благодаря

трансформным сдвигам, приобретающие дугообразную форму. Таким образом, асимметрия Пацифики оказывается следствием ротационной инерции /31/. Примечательно, что Р.Ван Беммелен, развивающий концепцию гравитационной тектоники, также прибегает к силам Кариолиса для объяснения дисперсии сиаля в Западной Пацифике и его скопления в восточной /50/.

Если ротационно-инерционные силы определяют основные черты мегаструктуры литосферы, то изменения параметров вращения Земли должны вызвать тектонические перестройки глобального значения, в свою очередь, вероятно, воздействующие на ротационный режим по принципу обратной связи. Сейчас имеются данные, подтверждающие скачкообразное изменение скорости вращения Земли на некоторых рубежах, отмеченных также повышенной тектонической активностью (Кропоткин, Трапезников, 1963; Runcorn, 1967). Изменения ротационного режима, разумеется, затрагивают не только внешние оболочки, но и ядро, и таким образом могут служить источником возмущений магнитного поля.

Мы приходим к выводу, что тектонические, геомагнитные и климатические циклы контролируются ротационным режимом Земли. Они оказывают одновременное и комплексное воздействие на органический мир, определяя ход мегаэволюционных процессов. Решающая роль здесь принадлежит климату, на который влияют не только космические факторы, но и параллельно развивающийся тектогенез. Дополнительным фактором может быть изменение содержания кислорода и углекислого газа в атмосфере, связанное как с климатическими, так и с тектоническими (или метаморфическими /20/) циклами.

Такие ученые, как П.П.Сушкин /21/, Дж.Умбгрове /53/, Б.Л.Личков /10/, Г.Ф.Лунгерсгаузен /12/, Е.М.Яблоков-Хнзарян /28/, Е.И.Лукин /11/, Дж.Валентайн /48/, У.Ферихс /37/ и другие, уловили основные черты этой сложной системы с многочисленными прямыми и обратными связями. Что же касается конкретных деталей, то они и сейчас во многом неясны. Не вызывает сомнений, однако, что воздействие космических и геологических факторов на эволюцию было гораздо более глубоким, чем это допускалось классическим дарвинизмом /6/.

Литература

I. Берлин Г.С., и др. Геология и геофизика, № 3, 1970.
2. Верещагин В.Н. Сов. геол., № 8, 1962.
3. Воронов П.С., Незаметдинова С.С. Докл. АН СССР, 194, № 4, 1970.
4. Друщиц В.В. В Юбилейном геол. сб. 50 г. Великой Окт. Соц. революции. София, 1968.
5. Красилов В.А. Палеонтол. ж., № I, 1969.
6. Красилов В.А. В сб. Проблемы филогении и систематики, СО АН СССР, Владивосток, 1969.
7. Красилов В.А. Докл. АН СССР, 207, № 2, 1972.
8. Красилов В.А. Ж. общ. биол., 34, № 2, 1973.
9. Красилов В.А. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол. 48, № 4, 1973.
10. Личков Б.Л. В сб. "Чтения памяти Л.С.Берга, I-3", изд-во АН СССР, М.-Л., 1956.
11. Лукин Е.И. В сб. Проблемы эволюции, т.2,"Наука", Новосибирск, 1972.
12. Лунгерсгаузен Г.Ф. В кн. Проблемы планетарной геологии. М., 1963.
13. Мейен С.В. В сб. Итоги науки. Стратигр. и палеонтол., ВИНИТИ, М., 1972.
14. Монин А.С. Вращение Земли и климат. Гидрометеоиздат, Л., 1972.
15. Пейве А.В. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1961.
16. Пергамент М.А. Докл. АН СССР, 209, № I, 1973.
17. Розенкранц А. Труды 21 МГК. Изд-во ин.лит., М., 1963.
18. Сакс В.Н. В сб. Проблемы палеозоогеогр. мезозоя Сибири. Труды ин-та геол. и геофиз., вып.III, 1972.
19. Сакс В.Н., Нальняева Т.И. В сб. Мезозойские морские фауны Севера и ДВ СССР и их стратиграфическое значение. Труды ин-та геол. и геофиз., вып.48, 1968.
20. Сидоренко А.В., Розен О.М., Теняков В.А., Гиммельфарб Г.В. Сов. геология, № 5, 1973.
21. Сушкин П.П. Природа, № 3-5, 1922.

22. Тейс Р.В., Найдин Д.П., Сакс В.Н. В сб. Мезозойские морские фауны Севера и ДВ СССР и их стратигр. значение. Труды ин-та геол. и геофиз., вып.48, 1968.
23. Устрицкий В.И. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1972.
24. Фойгт Э. Труды 21 МГК, Изд-во ин. лит., М., 1963.
25. Шаблинская Н.В., Смирнов Л.С. Докл. АН СССР, 201, № 5, 1971.
26. Шанцер Е.В. В сб. Проблемы периодизации плейстоцена, Л., 1971.
27. Шульц С.С. Геотектоника, № 4, 1971.
28. Яблоков-Хнзорян С.М. Ж. общ.биол., 33, № 6, 1972.
29. Ясманов Н.А. Изв. АН СССР, сер. геол., № 7, 1973.
30. Addicot W.O. Science, 165, N 3893, 1969.
31. Bostrom R.C. Nature, 234, N 5331, 1971.
32. Brooks C.E. Climates through ages. London, 1949.
33. Budyko M.I. The future climate. EOS, v.53, N 10,1972.
34. Dobzhansky Th. Science, 177, N 4050, 1972.
35. Dooglas R.G., Moullade M. Geol. Soc. Amer. Bull., 83, 1972.
36. Fabricius F., Friedrichsen H., Jackobshagen V. Geol. Rundschau, 9, N 2, 1970.
37. Frerichs W.E. J. Paleont., 46, 1971.
38. Hammen Th. van der. Ann. New York Acad. Sci., v.95, 1961.
39. Hays J.D. Geol. Soc. Amer. Bull., 82, 1971.
40. Kane M.F. Science, 175, N 4028, 1972.
41. Karig D.E. J. Geophys. Res., 76, N 11, 1971.
42. Mitchell A.H. J.Geol. 79, N 3, 1971.
43. Packham G.H., Falvey D.A. Tectonophysics, 11, 1971.
44. Schopf Th.J.M., Farmanfarmaian A., Gooch J.L. J.Paleont., 45, N 2, 1971.
45. Schwarzbach M. In Descr. Palaeoclimatology, New-York - London, 1961.
46. Seyed-Emami K., Bozorgina F., Eftekhar-nezhad J. N.Jb. Geol. Paläont., Mh., H.1, 1971.
47. Steiner J. J.Geol. Soc. Austr., 14, pt.1, 1967.
48. Taraz H. Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 55, N 8, 1971.

49. Valentine J.M. J. Paleont., 43, N 4, 1969.
50. Van Bemmelen R.W. Tectonophysics, 18, 1973.
51. Van Valen L. Science, 171, 1971.
52. Wiedmann J. Ann. Inst. Geol. Hung. Publ., 54, 1970.
53. Umbgrove J.H.F. The pulse of the earth. The Hague , Martinus Nujhoff, 1947.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

К.Б.КОРДЭ

Палеонтологический
институт АН СССР

РАЗВИТИЕ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ В ДОКЕМБРИИ И РАННЕМ ПАЛЕОЗОЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

За последние 25 лет накопилось большое количество фактического палеонтологического материала из докембрийских отложений, которые позволяют до некоторой степени уточнить коренные вопросы биологии - время возникновения и этапы раннего периода развития жизни на Земле. Последнему способствуют также данные астрофизики, радиоастрономии, космохимии и другие, которые дают возможность понять некоторые неясные моменты в развитии биосферы, регулирующиеся экологическими условиями тесно связанными не только с тектоническими процессами, но и с космическими явлениями,на которые указывал еще ранее В.И.Вернадский (1).

В частности, как нам кажется, можно в какой-то мере объяснить интересующий многих палеонтологов и биологов вопрос о причине "внезапного" возникновения и развития бесскелетной пелагической фауны докембрия в вендском периоде, а затем пышное развитие скелетной донной фауны беспозвоночных, начиная почти с низов кембрия (суннагинский горизонт).

Одновременно данные палеонтологии позволяют подтвердить концепцию Беркнера и Маршала (2,3) об эволюции атмосферы Земли и некоторые наблюдения об изменении интенсивности космической радиации в окрестности Земли, проведенные в

последнее время А.К.Лаврухиной (4).

В настоящее время является очевидным, что только совместные работы специалистов различных профилей позволят вскрыть указанные выше проблемы.

Палеонтологические материалы

Работами палеонтологов многих стран мира к настоящему времени выявлено значительное количество органических остатков на разных стратиграфических уровнях докембрия (от 3200 до 500 миллионов лет). Основная масса их представлена водорослями из отдела Cyanophyta и продуктами их жизнедеятельности - строматолитами - слоистыми известковыми образованиями разного размера от нескольких сантиметров до метра и более. В слоях строматолитов, при хорошей сохранности, находятся водоросли формировавшие эти слои в процессе фотосинтеза. Водорослевая природа строматолитов была доказана рядом работ (5-13 и др.).

Наиболее древние хорошо определимые остатки органической жизни обнаружены в восточном Трансваале (Ю.Африка) в отложениях группы Фиг-Три, среднего члена надгруппы Свазиленд с возрастом 3,1 миллиарда лет. Они представлены бактериальными остатками - Eobacterium isolatum Barghoorn et Schopf синезелеными водорослями из Chroococcales - Archaeosphaeroides barbertonensis Schopf et Barghoorn (14-16). Из наиболее древних строматолитовых пород возрастом 2,8 миллиарда лет обнаруженных в отложениях группы Буловайан в Родезии (Ю. Африка), встречены шиповатые остатки выявленные в электронном микроскопе (17). Одноклеточные синезеленые водоросли описаны из отложений формации Соуден-Айрен, возраст котороф определяется как 2,7 миллиарда лет (18)

Менее отчетливые остатки, подобные Archaeosphaeroides bertonensis , но не имеющие определенных очертаний указаны в отложениях группы Онвервахт возрастом 3,2 миллионов лет (16, 19)

Таким образом, перечисленные выше наиболее древние находки остатков водорослей и бактериальных организмов

КРИПТОЗОЙ
ФАНЕРОЗОЙ
АРХЕЙ
ПРОТЕРОЗОЙ
ПАЛЕОЗОЙ
Ранний и средний протерозой Pt_{1-2}
Рифей (Поздний протерозой Pt_3
V Cm O S D C P

Процентное содержание кислорода в атмосфере Земли по сравнению с современным количеством (Berkner and Marshall, 1964)
O_2
0.01%
0.10%
1.00%
10%
100%

Cyanophyta
Chroococcales
Nostocales
Rodophyta
Нитчатые формы
Chlorophyta
Нитчатые формы
Dasycladales
Bacteria
Porifera
Archaeocyata
Stromatoporoidea
Coelenterata
Hydroconozoa
Hydrozoa
Scyphozoa
Octocoralla
Brachiopoda
Echinodermata
Annelida
Artropoda (Trilobita)
Mollusca

Изменение интенсивности галактических космических лучей в солнечной системе относительно современной за 2 миллиарда лет (Лаврухина, 1972)

3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0

ВОЗРАСТ ($\times 10^9$ лет)

указывают на то, что возникновение жизни на Земле нужно относить к более древнему времени, чем 3,2 миллиарда лет существования нашей планеты. Вывод этот также напрашивается в связи с тем, что при биохимических анализах породы с отмеченными выше остатками в них были обнаружены изопрены (20-22) и порфирины (23, 24), указывающие на присутствие в этих отложениях остатков фотосинтезирующих организмов, у которых на развитие этой функции должен был быть затрачен значительный промежуток времени.

Возникшие ранее, чем на уровне 3,2 миллиарда лет синезеленые водоросли дожили и до наших дней. Однако в их развитии наблюдается несколько этапов.

В период от 3,3-2,6 миллиарда лет Cyanophyta были представлены незначительным количеством видов одноклеточных и колониальных из порядка коккоидных, резко увеличивающимся к концу этого отрезка времени. Наличие строматолитовых пород в отложениях возрастом 2,8-2,6 миллиарда лет (25,18) указывает на наличие уже в то время фотосинтезирующих форм, обладавших пигментами и на возникновение у них способности откладывать карбонат в процессе фотосинтеза - на возникновение у древних автотрофных организмов способности к породообразованию.

В период 2,6-1,0 миллиард лет развитие синезеленых водорослей продолжалось и постепенно расширялся видовой и родовой их состав. В это время продолжали существовать представители семейства Mycrocystidaceae Elenkin , обнаруженные на уровне 3,2 миллиарда лет и указанные выше. В отложениях 2,0 миллиарда лет встречены представители семейства Nostocaceae (26). Отложения возрастом 1,9 миллиарда лет отмечают вспышку в развитии Cyanophyta. Здесь встречены виды из семейств Nostocaceae, Rivulariaceae, Schizotrichaceae, Oscillatoriaceae (27-33).

В отложениях с возрастом 1,6 миллиарда лет были встречены в СССР (34) представители семейств Chlorogleaceae и Rivulariaceae , в Австралии представители семейства Glaeocapsaceae (35). Nostocaceae описаны из восточной Калифорнии (12). Возраст их 1,2 - 1,4 миллиарда лет.

Особенного разнообразия родового состава Cyanophyta достигли в диапазоне времени 1, 100 - 900 миллионов лет. В отложениях этого возраста отмечены Nostocaceae (5, 36), Microcystydaceae (28, 8, 37), Gloeocapsaceae (38), Rivulariaceae (39). Microcystidaceae, Nostocaceae, Rivulariaceae,Oscillaroriaceae описаны из формации Биттер Спринг с Австралии (40, 11, 41) и так же из Ю.Австралии отмечены Nostocaceae, Chroococcaceae (43).

В течение всего докембрия от начала своего возникновения и до границы кембрия, то есть в течение приблизительно 2,5-2,7 миллиардов лет, синезеленые водоросли господствовали в водах мирового океана и постепенно захватили значительные площади. Их остатки и продукты их жизнедеятельности - строматолиты обнаружены практически во всех странах мира.

Начиная с кембрия,количество Cyanophyta стало резко снижаться. Этот же отрезок времени, начиная с 650 миллионов лет, характеризуется развитием представителей фауны вендского периода, представленной бесскелетными организмами из классов кишечнополостных, членистоногих, червей, ? иглокожих, губок и организмов неизвестного систематического положения. Они встречены в большом количестве на юге Австралии в кварцито-песчаниках Паунд в эдиакарском местонахождении севернее г.Аделаида. Возраст отложений около 600 миллионов лет (44-49). Подобные же организмы, но в меньшем количестве, обнаружены в одновозрастных отложениях в Южной Африке из свиты Куибис системы Нама. Здесь определены: из кишечнополостных животных - Rangea Gurich, Pteridinium Gurich, Paramidusium (50, 51). В серии Нама в Намибии обнаружены криброциатоподобные организмы из рода Cloudina Germs (52).

Из чарнийской серии Англии описаны ренгеиды (кишечнополостные животные) - Charnia masoni и Charniodiscus concentricus (53-55). Возраст отложений около 680 миллионов лет (56).

Аналогичная фауна встречена в одновозрастных отложениях Советского Союза. В венде Русской платформы Б.С.Соколов (57,58) указывает находки медузоидных организмов Bel-

tanelloides sorichevae Sock . (колл. А.И.Зоричевой) и морщинистых сфероидальных форм напоминающих Charniodiscus Ford. Медузоидные крупные экземпляры напоминающие Medusina и Ediacaria отмечены также на полуострове Рыбачем (колл. В.З.Негруца).

К ренгеидам Б.С.Соколов относит остатки из ляминаритовых глин Vendia sockolovi Keller , обнаруженные в керне скважины у г. Яренска и находки из коллекции Т.Н.Копыловой из хатыспытской свиты Оленекского поднятия, определенные, как Charnia . В валдайских отложениях Прибалтики встречены формы подобные Beltanella gilesi Sprigg и отпечатки оболочек типа Sabelli-dites (59). В ляминаритовых глинах наблюдаются также пиритезированные следы червеобразных организмов Vendovermites Sockolov (58). Крупные остатки дискоидальных организмов, 2-3 см в диаметре, обнаруженные Н.П.Суворовой из пород юдомской свиты по р. Мае в 2 км выше пос. Усть-Юдома описаны Вологдиным и Масловым (60) под названием Suvorovella aldanica Vologdin et Maslov, Majella verkhojanica Vologdin et Maslov

Характерной чертой флоры докембрия было то, что возникшие на уровне I,6 миллиарда лет нитчатые синезеленые водоросли (Cyanophyta), в позднем докембрии - нитчатые красные (Rhodophyta), зеленые и дазикладиевые (Dasycladales) на уровне 600 миллионов лет - все обладали стелившимся по субстрату ростом слоевища, безусловно являвшимся приспособлением к окружавшим их условиям существования. Только к границе докембрия и кембрия слоевища водорослей постепенно становятся прямостоящими. Основная масса их приобрела вертикальное положение в пространстве только в кембрийском периоде (кроме тех, которые сохранили примитивные черты).

Граница докембрия и кембрия характеризуется сменой господства синезеленых водорослей господством в мировом океане красных водорослей. Приобретением водорослями трех отделов существовавших в кембрии положительного гелиотропизма, стимулировавшего подъем их слоевищ с субстрата и выразившегося в связи с этим в их интенсивной морфологической дифференциации, проявлявшейся у представителей раз-

ных отделов по-разному. У синезеленых водорослей сформировалось рядовое расположение клеток (Chlorogloeaceae) и колоний (Entophysalidaceae), вертикальное положение приняли часть нитей слоевища Stigonemataceae или все нити (Rivulariceae). У зеленых водорослей из семейства Seletonellaceae , развивавшихся от предковых форм обладавших стелившимся по субстрату мешковидным слоевищем, приобретение вертикального положения осуществлялось за счет образования в разных местах слоевища неопределенной формы выростов кверху, как это имеет место у родов Mejerella Korde и Seletonella Korde.

Многие виды красных кембрийских водорослей обладают примитивными признаками позволяющими уточнить пути эволюции предка этой группы растений, представленной в кембрии тремя порядками вырабатывавшими прямостоящие слоевища разного микростроения.

Как в докембрии, так и в кембрии стимулом в эволюции водорослей была потребность в солнечной энергии - основе жизни и развития. В связи с этим вертикальное положение слоевища видимо было более благоприятным для получения большего количества солнечной энергии, тем более, что в этом случае водоросли менее зависили от засыпавшего их осадка. Однако вертикальное положение слоевища делало его более уязвимым в случае подвижности окружающей среды обитания, поэтому упрочение слоевища на субстрате стало ведущим стимулом эволюции кембрийских водорослей, стимулом изменения и усложнения их морфологии.

Необходимость укрепления слоевища на субстрате привела к расчленению его на надземную и прикрепительную - ризоидальную часть, а также к его расчленению на осевую - опорную и периферические части. Возникли формы с членистым более гибким слоевищем, формы с мутовчатым расположением веток обеспечивающим некоторую бо́льшую устойчивость. В связи с бо́льшей уязвимостью, в целях сохранения вида, у водорослей стали развиваться органы размножения.

Граница кембрия и докембрия характеризуется не только большими сдвигами в эволюции водорослевой флоры, но и началом массового развития фауны, обладавшей внешним скелетом.

Влияние космической радиации на развитие биосферы

Прослеженные нами выше: этапность развития синезеленых водорослей в докембрии, расширение их видового и родового состава и интенсивное расселение в мировом океане, особенно в диапазоне времени 1100- 900 миллионов лет, а затем резкое уменьшение их количества к границе докембрия и кембрия и далее в кембрии, где было полностью потеряно ими господство в мировом океане и затем интенсивное повсеместное развитие красных водорослей с границы кембрия, приобретение представителями всех трех отделов водорослей в это же время вертикального положения в пространстве в связи с выработкой ими положительного гелиотропизма наблюдаются в одновозрастных отложениях всесветно и поэтому они не могут зависеть только от местных проявлений тектогенеза, местных экологических условий.

Последнее подтверждается также находками на многих континентах бесскелетной пелагической фауны вендского периода, и затем донной фауны, обладавшей скелетом кембрийского времени. Все эти явления могли быть связаны только с причинами действовавшими в планетарном масштабе и влиявшими на эволюцию всего органического мира в целом.

Существующее в настоящее время представление о развитии Солнечной системы и Земли, о влиянии космических лучей солнечного и галактического происхождения на возникновение и развитие жизни на Земле, о формировании и развитии ее атмосферы и др. хорошо сочетаются с установленными нами явлениями в развитии водорослевой флоры и фауны докембрия и раннего палеозоя (61-64).

Согласно указанному выше, на наш взгляд, представляют большой интерес работы Беркнера и Маршала (2,3), которые связывают эволюционное развитие органического мира с эволюцией атмосферы Земли. Их концепция основывается на предположении, что первоначально атмосфера Земли не содержала свободного кислорода, который стал постепенно накапливаться лишь с возникновением фотосинтезирующих организ-

мов. В связи с этим имело место также постепенное образование озонового слоя, оказывающего, как известно, защитное действие, поглощая ультрафиолетовые лучи. Из-за отсутствия первоначально озонового слоя поверхность земли и верхние слои водных бассейнов подвергались интенсивному облучению.

Указанные авторы подсчитали степень увеличения кислорода в гидро- и атмосфере с начала возникновения жизни и до наших дней. Они отмечают, что граница докембрия и кембрия была важным этапом в эволюции атмосферы и вместе с тем и животного мира, так как к этому времени по их данным, парциальное давление кислорода в атмосфере достигло I% от современного уровня (так называемой "точки Пастера"), т.е. уровня, обеспечивающего возможность дыхания для низших организмов. По Бэркнеру и Маршалу, в течение большей части докембрия вредное для живых организмов количество ультрафиолетовых лучей проникало в воду до глубины в I0 м и к позднему докембрию - раннему кембрию глубина проникновения их уменьшалась до нескольких сантиметров. С эволюцией атмосферы количество вредных излучений постепенно уменьшалось и при достижении в силуре I0%-ного, по отношению к современному содержанию кислорода в атмосфере, создавалась возможность колонизации поверхности Земли.

Тесная связь и зависимость развития биосферы и атмосферы особенно в докембрии и раннем палеозое, позволяет нам подтвердить данные, установленные теоретически Беркнером и Маршалом (2,3) об эволюции последней.

Действительно, согласно концепции этих авторов является совершенно очевидным, что вследствие отсутствия атмосферы в ранний период существования Земли, как это также подтверждают и другие исследователи (65-73) возникновение и развитие жизни в докембрии и раннем палеозое более, чем в другие отрезки геологического времени было подчинено и зависело от действия космических лучей солнечного и галактического происхождения, беспрепятственнс облучавших земную поверхность и толщу воды и от скорости накапливания кислорода в гидро- и атмосфере.

Наличие значительной радиации в указанное время, кос-

венно подтверждается развитием интенсивно ослизненных обызвествлявшихся организмов - именно синезеленых водорослей. Слизистые массы их колоний и слоевищ, а также обызвествление служили им защитным экраном и предохраняли их в достаточной мере от излишних и вредных излучений.

Если мы обратимся к фактическому материалу изложенному выше, то, по-видимому, мы сможем сделать следующие некоторые выводы: судя по тому, что возраст Земли определяется в настоящее время равным 4,5-4,6 миллиардов лет (74-76), организмы из отложений возрастом 3,2 миллиарда лет (I6, I9, 77) более близки к моменту возникновения жизни и может быть они являются одними из первых ее представителей. Их не совсем определенная форма приближающаяся к округлой, может свидетельствовать о габитусе их предков и, по-видимому, о их жизни также как и предков во взвешенном состоянии в водной среде, но были ли они фотосинтезирующими организмами пока не ясно.

Только строматолиты из Южной Родезии из системы Булавайен (Bulawayan system) возрастом 2,6-2,8 миллиардов лет могут являться достоверным доказательством наличия в то время фотосинтезирующих синезеленых водорослей и возникновения их донных видов. Благодаря этим находкам мы можем утверждать, что с этого времени фотосинтезирующая деятельность водорослей стала стимулом эволюции атмосферы и создала условия для эволюции всего органического мира.

Судя по незначительному количеству находок водорослей в раннем докембрии также можно заключить, что в начале своего развития они в достаточной мере страдали от солнечной радиации. Постепенным уменьшением ее интенсивности можно объяснить соответствующее постепенное расселение синезеленых водорослей связанное с улучшением условий существований наблюдающееся в среднем и позднем протерозое. К границе докембрия и кембрия обызвествлявшиеся слизистые водоросли захватили большие площадки мирового океана (Австралия, Африка, Индия, Северная Америка, Франция, Китай, СССР и др.).

Сам факт формирования и эволюции атмосферы и накопления кислорода в водной среде и атмосфере доказывается не только указанным выше развитием водорослей в докембрии, но

и развитием фауны этого периода, существование которой полностью зависит от наличия в окружающей среде необходимого для их жизненных процессов кислорода.

Безусловным является то, что в докембрии основными факторами мешавшими развитию гетеротрофных организмов и выработке ими скелета, были отсутствие или недостаточное количество кислорода в окружающей их среде и интенсивная радиация, от которой они не были защищены (отрицательное влияние радиации на формо- и скелетообразование общеизвестно). Только со значительным уменьшением ее и накоплением кислорода увязываются постепенное увеличение разнообразия фауны (особенно в кембрии).

Наиболее древние остатки фауны, обнаруженные в Советском Союзе,указывают на то, что минимальные условия для ее развития возникли уже на уровне 2,0 миллиардов лет. Фауна того времени была представлена донными и придонными организмами: остатками червей - трубкожилов Udocania problematica обнаруженными в отложениях битунской свиты удоканской серии Забайкалья, возраст которых определен 2000--1600 миллионов лет (78), створками раковины обнаруженными в отложениях туломозерской свиты сегозерской серии ятулия Карелии, возрастом 2000-1600 миллионов лет (79), спикулами губок и проблематики из пород гонамской свиты (1500 миллионов лет) из бассейна р. Учур (Дальний Восток) (80), остатками имеющими общие черты с Pteridinium Gürich, обнаруженными в отложениях ладожской серии Карелии (81),губкоподобными организмами, также из ладожской серии Карелии (82), сабелидитами из довендских отложений Туруханского района возрастом более 925 миллионов лет (83) и другими. Эти организмы видимо существовали на значительной глубине бассейнов и были защищены в какой-то мере от радиации (по Беркнеру и Маршалу защитная роль может осуществляться 10-метровой толщей воды).

Однако в эволюционном развитии органического мира особенное внимание привлекает вендский отрезок геологического времени и нижний кембрий, характеризующиеся резкими и почти одновременными изменениями как в развитии водорослевой флоры (уменьшением количества ранее господствовавших си-

незелых водорослей и вспышкой в развитии красных водорослей и приобретением их слоевищами вертикального положения), так и в развитии фауны.

Кажущаяся внезапность появления в это время крупной пелагической бесскелетной фауны, а затем интенсивное развитие скелетной фауны в последующем за вендом геологическом периоде - в кембрии вызывают много различных предположений и споров.

По нашему мнению, указанные выше явления не могут быть объяснены только с позиции концепции Беркнера и Маршала(3) Является совершенно очевидным, что при постепенном снижении количества радиации (тормозящей развитие флоры и фауны) за счет постепенно формировавшегося экранирующего озонового слоя атмосферы, даже при наличии достаточного количества кислорода в водной среде, не могли произойти отмеченные "вспышки" в развитии органического мира. Естественно, что темпы эволюции последнего, в данном случае, должны были бы соответствовать скорости накапливания кислорода в атмосфере и ее эволюции (64, 84).

Указанные "вспышки" могли стимулироваться только какими-то резкими изменениями в окружающей среде, без которых возможно этапы эволюции флоры и фауны были бы значительно заторможены и интенсивное развитие органического мира должно было бы начаться только с момента полного формирования атмосферы.

В связи с интересующей нас проблемой особый интерес представляют работы А.К.Лаврухиной (4), которые позволяют понять и объяснить многие спорные вопросы.

А.К.Лаврухина (4) установила, что интенсивность космической радиации в солнечной системе периодически изменяется. По ее данным в промежутке времени от 900 до 300 миллионов лет, т.е. от низов верхнего протерозоя и до середины карбона, имело место значительное снижение интенсивности галактических космических лучей в солнечной системе (по подсчетам уменьшившееся в три раза по сравнению с современным).

Надо полагать, что именно это значительное уменьшение радиации, выявленное А.К.Лаврухиной, послужило причиной

резких изменений в развитии водорослей на границе докембрия и кембрия.

Положительные факторы возникновения и развития сине-зеленых водорослей в докембрии (их ослизнение и обызвествление) при уменьшении радиации стали тормозящими их жизненные процессы. Последнее объясняется тем, что нарушилось равновесие между количеством энергии необходимой для фотосинтеза и наличием у них слизистых непропускающих ее масс. Синезеленые водоросли стали переселяться в более мелководные, более освещенные участки бассейнов и в связи с этим уменьшаться в количестве и потеряли свое господство. Их заменили слабо ослизненные, в основной своей массе, красные водоросли.

Значительное уменьшение радиации к границе докембрия и кембрия доказывается также выработкой у представителей всех отделов кембрийских водорослей положительного гелиотропизма обусловившего развитие из стелившихся по субстрату в докембрии форм прямостоящих форм лучше приспособленных к жизни в среде с уменьшенным освещением.

Указанное А.К.Лаврухиной уменьшение радиации, безусловно, также послужило толчком в развитии фауны вендского периода в условиях еще не полностью сформированной атмосферы, защитные свойства которой в данных условиях (значительного уменьшения радиации) оказались вначале достаточными для существования мягкотелых форм венда, а затем, вследствие дальнейшего формирования озонового слоя, создались условия для возникновения фауны кембрия со скелетом.

В свою очередь "внезапное" развитие пелагической фауны венда подтверждает установление в это время благоприятных условий в поверхностных зонах мирового океана. Ибо более древние обнаруженные формы представлены донными и придонными организмами.

Развитию фауны венда должно было также способствовать и бóльшее насыщение гидросферы кислородом. Однако систематический состав фауны венда указывает на то, что количество кислорода в указанный период времени в мировом океане было не совсем достаточным. Поэтому среди фауны венда мы находим представителей именно тех групп животного царства,

морфология которых была в той или иной мере приспособлена к получению нужного количества кислорода из среды с пониженным его содержанием (61). Последним объясняются более древние находки таких организмов, как губки с их ирригационной системой (80), большое количество представителей нескольких классов кишечнополостных животных с разветвленной системой каналов - гастроваскулярной системой. Различных медузоидов, относимых к классам гидроидных (Hydrozoa) и сцифоидных полипов (Szyphozoa), морских перьев (Pennatulida), представителей червей из класса аннелид (Annelida), дыхание которых обеспечивалось поверхностью всего тела (44, 57-59, 47, 49, 85).

Однако, по-видимому, недостаток кислорода в водах мирового океана ощущался также и в кембрии и даже в силуре. Надо полагать, что именно с этим связано развитие в указанное время нескольких групп донных морских организмов археоциат (кембрий), соанитов (ордовик), сквамиферид (ордовик-карбон?), афросальпингоидов (силур) со специфической фильтрационной системой обеспечивающей у них за счет двухстенности скелета и пористости его стенок и деталей строения увеличение поверхности аэрации и питания тканей тела. Последнее отражается также и в морфологии строматопороидей (кембрий-мезозой). По данным Берквера и Маршала к границе кембрия и докембрия количество кислорода в водах, где существовали перечисленные формы достигло лишь 1% современного его количества(3).

В то же время указанное А.К.Лаврухиной (4) снижение количества радиации позволило кембрийским организмам вырабатывать скелет. Очевидным является, что факторы мешавшие скелетообразованию к докембрии, начиная с границы докембрия и кембрия, стали менее ощутимы.

Интересным является то, что отмеченное А.К.Лаврухиной (4) повышение силы радиации на уровне 300 миллиардов лет, которое быстро достигло современного уровня, как кажется, уже ощутимо не повлияло на развивавшуюся фауну. По-видимому, это действие до некоторой степени было снивелировано сформировавшимся к тому времени озоновым слоем. По-видимому, и в дальнейшем до наших дней защитные свойства озонного слоя атмосферы регулировали действие косми-

ческих факторов на развивавшуюся биосферу. Возможно, что только при интенсивном повышении ионизирующей радиации, связанной со вспышками сверхновых звезд и других космических объектов, экранирующая роль озонового слоя могла оказаться недостаточной.

В заключение нужно подчеркнуть, что тесная связь и зависимость развития биосферы, атмосферы и космоса увеличивает значение и расширяет задачи палеонтологии, как науки об объектах отражающих в своем эволюционном развитии, как в зеркале развитие не только земных, но и космических факторов.

Литература

1. Вернадский В.И. 1926. Биосфера. Ленинград.
2. Berkner L.V. a. Marshall L.C. 1964. Disc. Faraday Soc., 37.
3. Berkner L.V. a. Marshall L.C. 1965. 53, N 6.
4. Лаврухина А.К. 1972. Ядерные реакции в космических телах. М.
5. Walcott Ch.D. 1914. Smithson. Misc. Coll., 64, N 2.
6. Кордэ К.Б. 1950. Докл. АН СССР, 71, № 6.
7. Кордэ К.Б. 1954. Вопр. геол. Азии, 1. Москва.
8. Кордэ К.Б. 1961. Тр. Палеонтол. ин-та, 89. Москва.
9. Daber R. 1954. Géologie, 3, N 5.
10. Вологдин А.Г. 1962. Древнейшие водоросли СССР. Москва.
11. Schopf J.W.1968. J.Paleontolohy, 42.
12. Cloud P.E., Jr. Licari G.R., Wright L.A., a.Troxel B.W. 1969. Proc. Nat. Acad. Sci., 62, N 3.
13. Schopf J.W., Oehler D.Z., Horodyski R.J. a. Kvenvolden K.A., 1971. J.Paleontol., 45, N 3.
14. Pflug H.D. 1967. Rev. Palaeobotan. Polynol., 5.
15. Schopf J.W. a. Barghoorn E.S. 1967. Science, 156, N 3774.
16. Engel A.E., Nagy B., Nagy L.A., Engel C.G., Kremp G.O., a. Drew C.M. 1968. Science, 161.
17. Oberlies F. Prashnowsky A.A. 1968. Naturwissenschaften, 55.
18. Cloud P.E. Jr. a. Licari G.R. 1968. Proc. Nat. Acad. Sci. (U.S.A.), 61.

19. Nagy B. a. Nagy L. 1969. "Nature", 223, N 5212.
20. Oró J. a. Nooner D.W. 1967. Nature Lond., 213.
21. MacLeod W.D. 1968. J.Gas. Chromatogr., 6.
22. Calvin M. 1969. Chemical evolution. Oxford Univ. Press. New-York.
23. Kvenvolden K.A., Hodson G.W., Peterson E. a. Pollock G.E. 1968. Program. Ann. Meeting Geol.Soc. Amer.
24. Kvenvolden K.A. a. Hodgson G.W. 1969. Acta Geochim. Cosmochim., 33.
25. MacGregor A.M. 1940. Trans. Geol. Soc. South Africa, 43.
26. Cloud P.E. Jr. a. Licari G.R. 1972. Amer. J.Sci., 272, N 2.
27. Tyler S.A. a. Barghoorn E.S. 1954. Science, 119, N 3096.
28. Кордэ К.Б. 1958. Мат. к основам палеонтол., 2.
29. Barghoorn E.S. a. Tyler S.A. 1963. Ann. N.-Y. Acad. Sci., 108, N 2.
30. Barghoorn E.S. a. Tyler S.A. 1965. Science, 147, N 3658.
31. Cloud P.E.Jr. 1965. Science, 148, N 3666.
32. Cloud P.E.Jr. a. Hagen H. 1965. Proc. Nat. Acad. Sci. (U.S.A.), 54.
33. Licari G.R. a. Cloud P.E.Jr. 1968. Proc. Nat. Acad.Sci. (U.S.A.), 59, N 4.
34. Вологдин А.Г., Кордэ К.Б. 1965. Докл.АНСССР, 164,№ 2.
35. Licari G.R., Cloud P.E.Jr., a. Smith W.D. 1969. Proc. Nat. Acad. Sci. (U.S.A.), 62, N 1.
36. Walsott C.D. 1919. Smithson. Misc. Coll., 67, N 5.
37. Вологдин А.Г., Дроздова Н.А. 1969. Докл. АНСССР,187,№2.
38. Вологдин А.Г.,Дроздова Н.А.,1969.Докл.АНСССР, 186,№ 6.
39. Вологдин А.Г.,Дроздова Н.А. 1969., 187, № 5.
40. Borghoorn E.S. a. Schopf J.W. 1965. Science, 150, N 3694.
41. Gutstadt A.M. a. Schopf J.W. 1969. Nature, Lond., 223, N 5202.
42. Schopf J.W. a. Blacic J.M. 1971. J.Paleontology, 45, N 6.
43. Schopf J.W. a. Barghoorn E.S. 1969. J.Paleontology, 43, N 1.
44. Glaessner M.F. 1958. Geol. Rubdschau, 47, N 2.

45. Glaessner M.F. 1962. Biol. Rev. 37, N 4.
46. Glaessner M.F. 1964. Australian Nat. Hist., 14, N 9.
47. Glaessner M.F. a. Wade M. 1966. Palaeontology, 9, N 4.
48. Glaessner M.F. 1971. Paläeont. Ztschr., 45, N 1/2.
49. Wade M. 1972. Palaeontology, 15, N 2.
50. Gürich G. 1930. Internat. Geol. Congr. S.Africa, Probl. 15.
51. Gürich G. 1933. Palaeontol. Zeitschr., 15.
52. Germs G.J. 1972. Amer. J. Sci., 272, N 8.
53. Ford T.D. 1958. Proc. Yorkshire Geol. Soc., 31.
54. Ford T.D. 1962. New Scientist, 15.
55. Ford T.D. 1963. Trans. Leocester. Lit. Philos. Soc.,57.
56. Соколов Б.С. 1965. В сб. Всес.симп.по палеонтол. докембрия и раннего кембрия, тезисы докладов, Новосибирск.
57. Соколов Б.С. 1964. XXП Междунар. геол. конгресс. докл. сов.геол. стр. 3-7.
58. Соколов Б.С. 1965. В сб. Всес. симпоз. по палеонтол. докембрия и раннего кембрия. Тезисы докладов, Новосибирск, стр. 78-91.
59. Меннер В.В. 1963. В кн. Стратиграфия СССР, Верхний докембрий.
60. Вологдин А.Г., Маслов А.Б. 1960. Докл. АН СССР, 134,№ 3.
61. Кордэ К.Б. 1968. Бюлл. Моск. Об-ва испыт. прир. отдел. геол., 43, № 5.
62. Кордэ К.Б. 1971. Бюлл. Моск. об-ва испыт. прир. Отдел геол., 46, № 2.
63. Korde K.B. 1972. Ancient Blue-Green algae. В сб. Taxonomy and biology of blue-greenalgae. First Internat. Sympos. on Taxonomy and Biology of Blue-green algae. Madras.
64. Кордэ К.Б. 1973. Труды Палеонтол. ин-та, 139.
65. Goldschmidt V.M. 1937. Norske Videnskaps-akad. Oslo Skr. Mat.-Nat. Kl., 4.
66. Brown H. 1952. В сб. Atmospheres of the Earth and Planets. Univ. Chicago Press.
67. Spencer-Jones H. 1950. Sci. Progress, 38.
68. Kuiper G.P. 1951. Proc. Nat. Acad. Sci., 37.
69. Urey H.C. 1952 The Planets: Their origin and development. Yabe Univ. Press, New Haven.

70. Alfvén H. 1954. On the origin of the Solar system. Oxford Clarendon Press.

71. Опарин А.И. 1957. Возникновение жизни на Земле. Москва. Из-во АН СССР.

72. Виноградов А.Б. 1957. Международный симпозиум "Происхождение жизни на Земле". Москва, 1957. Сборник докладов, 1.

73. Фесенков В.Г. 1957. Международный симпозиум "Происхождение жизни на Земле". Москва. 1957. Сборник докладов 1.

74. Anders E. 1963. В сб. "The Moon. Meteorites and comets", 4. Univ. Chicago Press.

75. Patterson C. 1956. Acta Geochim Cosmochim., 10.

76. Patterson C. 1963. В сб. Isotopic and Cosmic chemistry. North-Holland, Amsterdam.

77. Nagy B. a. Urey H.C. 1969. Life Sci. Space Res., 7.

78. Лейтес А.М. 1965. Труды Геол. ин-та АН СССР, 122.

79. Пврревозчикова В.А. 1966. В кн. Остатки организмов и проблематика протерозойских образований Карелии. Петрозаводск.

80. Вологдин А.Г., Дроздова Н.А. 1970. Докл. АН СССР, 190, № 1.

81. Макарова Г.В., Хазова В.И. 1966. В кн. "Остатки организмов и проблематика протерозойских образований Карелии". Петрозаводск.

82. Вологдин А.Г. 1967. Докл. АН СССР, 175, № 4.

83. Драгунов В.И. 1958. Докл. АН СССР, 122, № 4.

84. Кордэ К.Б. 1969. Водоросли кембрия. Автореферат диссертации представленной на соискание ученой степени доктора геол.-мин. наук. Новосибирск.

85. Соколов Б.С. 1972. XXIУ Междунар. геол. конгресс. Доклады советских геологов. Из-во "Наука" Москва, Сб. Палеонтология, 7.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

ХОМЕНКО Т.А.

Московский Désinstitut
им. В.И.Ленина

"СИММЕТРИЯ - АСИММЕТРИЯ В СТАНОВЛЕНИИ ЖИЗНИ"

Согласно современной концепции структурной организации живой материи, возникновение и развитие жизни на Земле можно представить как в известной степени последовательный процесс возникновения все более высоких уровней сложности единой системы. Это связано с тем, что представления об иерархии структурной организации материи совершенно очевидно отражают соответствующие ступени ее усложнения в истории становления жизни.

Какие механизмы усложнения различных уровней организации живого? Насколько они сходны? Существуют ли общие закономерности усложнения материи на пути возникновения и развития жизни? И наконец, что их детерминирует?

На этих вопросах хотелось бы сосредоточить внимание последующего изложения.

Конкретизируя положения об эволюционном пути развития жизни, А.И.Опарин (1924-1957) создал представления о трех этапах длительного исторического процесса возникновения жизни на Земле, выделив:

1). Образование простейших органических соединений;
2). Образование высшей формы органических соединений типа белков и нуклеиновых кислот;
3). Возникновение белковых систем, обладающих способностью к обмену веществ.

Эти идеи легли в основу современных представлений по данному вопросу во всем мире. Системно-структурный подход в анализе жизни добавил к рассмотренным уровням организации живого и все выше стоящие уровни вплоть до биосферы в целом. Формирование последней (как целостной системы) мыслится теперь как формирование жизни.

Однако более изученными являются три основных уровня: молекулярный, клеточный, организменный,- поэтому выделив их из всей системы биосферы, проанализируем пути их усложнения. При этом мы будем экстраполировать данные современного их строения на возможные ступени усложнения в истории становления жизни. Анализ ведется с точки зрения симметрии, асимметрии структур в рамках классического учения о симметрии Гесселя - Федорова-Шенфлиса.

Итак в чем состояла:

1). Эволюция простейших органических соединений до белков и нуклеиновых кислот, которую можно рассматривать как формирование молекулярного уровня организации живого;

2). Эволюция коацервата в сторону высоко дифференцированной клетки живого организма, которую можно представить как становление клеточного уровня сложности;

3). Эволюция форм животных организмов от простейших до хордовых, т.е. становление организменного уровня.

Согласно современным научным представлениям, порядка 2 млрд. лет длился на Земле период абиогенного образования углеводородов, которые явились исходными соединениями в длинной цепи последующих химических превращений. Поэтому усложнение материи в пределах органохимической эволюции шло, вероятно, от простейших углеводородов до биополимеров типа белков и нуклеиновых кислот. Такова во всяком случае стержневая прогрессивная тенденция в развитии огромного класса органических соединений.

Простейшие углеводороды, объединенные современной химией в гомологические ряды, отличаются исключительно симметричным строением. Это плоские, зигзагообразные цепочки атомов углерода, соединенные с атомами водорода с постоянными значениями межатомных расстояний и углов между связями. Отчетливая симметрия в виде трансляции одинаковых радикалов, определяет общий вид метамерных молекул и может

быть описана в терминах бесконечной симметрии по типу стержней. Черты симметричного строения характеризуют не только общий облик этих молекул, но и пространственное построение структурных единиц цепочек.

Однако, уже обращение к органическим соединениям, производным от простейших углеводородов, к их многочисленным изомерам и более сложным соединениям (углеводам, пептидам и пр.) убеждает в том, что эволюция, усложнение молекул было связано со значительным усилением асимметрии строения. Асимметризация шла: 1) в виде появления разветвлений цепи (изомерия скелета, изомерия положения); 2) росла разнокачественность отдельных метамер цепи (метамерия); 3) утрачивали правильность строения элементарные единицы цепи, образуя диссимметрические структуры[1] (оптическая изомерия).

Эти процессы асимметризации охватили, по-видимому, весь период абиогенной органохимической эволюции, вплоть до образования соединений типа белков и нуклеиновых кислот. Строение последних, как было показано ранее, (Хоменко Т.А., 1973) несет на себе печать всех трех указанных направлений асимметризации вещества, что и доказывает генетическую связь их структур.

Особо подчеркнем появление диссимметрических форм молекул, которые были вовлечены в дальнейшую прогрессивную эволюцию и составили структурную основу всего живого.

Диссимметрическая конфигурация элементарных единиц белков представлена левыми спиралями аминокислот, у нуклеиновых кислот-это правые спирали пентоз. Причем, их универсальное присутствие во всех живых организмах от вируса до человека является наиболее интригующей проблемой сущности жизни.

Диссимметрическая форма элементарных единиц основных "молекул жизни" нашла свое дальнейшее развитие в их вторичных, третичных и т.д. структурах. Хромосомы обнаруживают целую иерархию молекулярных и надмолекулярных спиральных структур (Рис, 1960). Поэтому, если признать образова-

---

1 Структуры, утратившие центр и плоскость симметрии, представленные левыми и правыми зеркальными формами, моделью их чаще всего служат левая и правая спираль.

ние биологических макромолекул вершиной химической эволюции, то мы должны констратировать безраздельное господство там диссимметрических форм.

Развитие и усложнение материи в пределах клеточного уровня можно рассматривать как эволюцию коацервата А.И.Опарина (достаточно однородных морфологически регулярных капель белковоподобных веществ) в сторону высоко дифференцированной клетки живого организма.

С возникновением клетки ее эволюция шла по пути непрерывного изменения и развития массы протоплазменных структур. Сложнейший план строения, чрезвычайная дифференцировка элементов системы и их разносторонняя специализация делали внутреннюю среду клетки многократно асимметризованной. Асимметрия протоплазмы (Гаузе Г.Ф., 1940) явилась также результатом эволюции этого уровня сложности и чрезвычайно специфическим свойством всех живых клеток.

Однако все это касается асимметризации внутреннего строения клеток. Как же изменялась в эволюции внешняя её форма? Для ответа на поставленный вопрос, нам кажется, нецелесообразным анализировать многообразие форм клеток многоклеточных животных, чья форма является подчиненной задачам построения всего многоклеточного организма. Мы обращаемся к обособленным клеткам одноклеточных, где эволюция внешней формы клетки может дать интересный материал в плане выявления единых механизмов усложнения различных уровней живого.

Согласно В.И.Беклемишеву (1964), эволюция форм Protozoa заключается в постепенном обеднении симметрии формы, в исчезновении центра и плоскостей симметрии, в настоятельном уменьшении числа осей и падении их порядков, в образовании диссимметрических форм. В этом находят отражение процессы асимметризации формы клетки, сопровождающие рост организации животных. Достаточно проанализировать симметрию такого ряда форм: сферические ⟶ поликсонные ⟶ Монаксонные гетерополярные ⟶ Диссимметрические.

И опять-таки, наиболее высокоорганизованные Protozoa представлены диссимметрическими формами, являя собой как бы венец эволюции формы клетки. В.И.Беклемишев вы-

деляет три вида диссимметрических форм: билатеральные, винтовые, сочетание этих двух видов.

Согласно И.И.Шафрановскому (1968), рассмотренный процесс эволюции можно выразить формулой:

(1) PC ⟶ P ⟶ P (Sm), т.е. от форм с максимальной симметрией, типа шара, к формам радиальным и далее диссимметрическим.

Что характерно для развития и усложнения материи в пределах организменного уровня сложности?

Во-первых, разобрав усложнение формы клетки в эволюции Protozoa, мы уже получили некоторый материал по данному вопросу, т.к. при этом мы имели дело одновременно и с организменным уровнем. Здесь только резюмируем, что уже в пределах одноклеточных организмов эволюция прошла характерный путь от максимально симметричных форм к диссимметрическим по линии обеднения их симметрии.

Симметрия многоклеточных организмов значительно беднее симметрии простейших и однообразнее ее. Эволюция форм обширного мира многоклеточных от примитивных губок до совершенных хордовых характеризуется тем же общим направлением - обеднением симметрии, диссимметризацией формы, связанными "с установлением определенности местоположения частей и усложнением организации животного" (В.И.Беклемишев, 1964).

Исходной формой симметрии Metazoa В.И.Беклемишев выделяет монаксонно гетерополярную с , относя к ней формы бластулы и гаструлы всех многоклеточных животных. Все более симметричные формы, имевшие место у простейших, в мире многоклеточных отсутствуют.

Далее идут радиальные или лучевые формы с различной степенью выраженности в типах Porifera, Coelenterata, Archaecyata. Причем, все более примитивные группы, равно как и личиночные стадии, обладают более совершенной симметрией, иллюстрируя симметрию их общих предков.

Самая безупречная лучевая симметрия характеризует класс высших медуз - Scyphozoa, класс кораллов - Anthozoa характеризуется уже господством билатеральной симметрии во внутреннем строении и лучевой - во внешнем.

Представленный несколькими отрядами, этот класс дает четкий ряд форм убывающей симметрии, переход от лучевой к билатеральной: Madreporaria ⟶ Zoantharia ⟶ Ceriantharia.

Все животные, стоящие в системе выше кишечнополостных, носят название Bilateria. Поднимаясь по ступеням организованности билатеральных животных, следует признать, что двусторонняя симметрия становится господствующей. Наличие же лучевой все реже связывается с остатками свойств предковых форм или становится вторично приобретенным признаком паразитических форм.

Билатеральная симметрия свойственна брахиоподам, цефалоподам, членистоногим. Наконец, все шесть классов позвоночных животных: бесчелюстные, рыбы, амфибии, рептилии, птицы, млекопитающие,-также исключительно билатеральные животные, с единственной плоскостью симметрии P.

Что представляют собой билатеральные животные, с точки зрения их формы? Они состоят из двух зеркально подобных половин (левой и правой). Эти половины, в свою очередь, представлены как бы отрезками левой и правой спирали, что следует хотя бы из строения конечностей позвоночных животных и спирального хода кровеносных, лимфатических и нервных стволов в них. Узор человеческих следов на земле представляет проекцию этой спирали на плоскости.

Одним словом, мы имеем дело опять-таки с диссимметрическими формами, господствующими во всех классах высших позвоночных, в том числе и у человека.

Общий ход эволюции симметрии многоклеточных животных следует выразить так:

(2) P ⟶ P, а эволюцию симметрии форм всех животных организмов от простейших до хордовых, суммарной формулой:

(3) PC ⟶ P ⟶ P

Итак, проведенный анализ эволюции материи в пределах молекулярного, клеточного и организменного уровней организации живого показывает, что несмотря на все различия, специфику усложнений в каждом,их объединяют многие единые механизмы.

В нашем рассмотрении мы намеренно отвлекались от частных деталей в формах различных видов животных, сосредоточив внимание только на общем плане строения молекул, клеток и организмов, выраженных в симметрических и асимметрических характеристиках.

Теперь мы можем констатировать, что в пределах трех основных уровней живого усложнение организации связано с различными процессами асимметризации. Причем, число и разнообразие их растет с ростом сложности уровня.

Среди различных процессов асимметризации выделяется диссимметризация в качестве стержневой и перспективной тенденции развития.

Диссимметрические формы составляют как бы итог усложнения структур в пределах каждого рассмотренного уровня.

Их особенность связана с глубокими функциональными различиями левых и правых структур в живой природе на молекулярном, клеточном, организменном уровнях, согласно работам В.С.Готта, Н.П.Депенчук, Ю.А.Урманцева, Г.Ф.Гаузе, Ю.Г.Сулимы.

Единство направлений усложнения материи на трех уровнях ее организации говорит о наличии единых, всеобщих причин, определяющих основные формообразовательные процессы и ставящих в подчиненное положение различные экологические детерминанты.

Какого порядка могут быть эти причины? Прежде всего - гравитация. С ней справедливо связывают многие авторы изменение планов строения животных организмов, переход от шарообразных форм к радиальным (см. формулу 3), дальнейшее изменение формы связано с активным направленным движением. (В.И.Беклемишев, 1964; Г.Вейль, 1968; И.И.Шафрановский, 1968).

Наличие единых космических влияний, в условиях которых осуществляется эволюция живой материи, также оказывается важным. Особенно, вероятно, эта связь обнаруживает себя в появлении диссимметрических спиральных структур в конце каждого ряда усложнений. Именно с космическими влияниями, видимо, надо связывать наличие единства спиральных структур основных молекул жизни и диссимметрических форм

высших одноклеточных и многоклеточных животных. Кстати, единство эволюции идет здесь еще дальше: 1) Жизнь возникла на базе объединения левого и правого зеркальных начал двух "молекул жизни", формы высших животных также представлены соединением левой и правой зеркально подобных половин. 2) Вторичные структуры белков и нуклеиновых кислот имеют правую ориентацию, обеспечивающую возможность их совместного функционирования, аналогично интересной гипотезе Куна о редупликации ДНК. Функционирование высших животных и человека также связано с праворукостью.

Диссимметрия включает в себя самые разнообразные классы космических явлений. Этим понятием охватывается, например, форма спиральных галактик. Силовые линии межпланетного магнитного поля изогнуты в форме спирали Архимеда. Мощные потоки заряженных частиц, испускаемые солнцем и приходящие к нам из космоса, попадая в магнитное поле Земли, начинают непрерывно вращаться по спирали вдоль силовых линий от одного полюса к другому и обратно.

Радиоастрономия установила совпадение силовых линий межпланетных магнитных полей с направлением галактических рукавов, возможно, структура магнитных полей определяет процессы формообразования галактик. Биология выясняет зависимость процессов жизнедеятельности от магнитного поля Земли. Все эти исследования могут дать материал для аргументированного объяснения космического влияния на процессы формообразования на нашей планете.

Литература

I. Беклемишев В.И. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. М., "Наука", 1964.

2. Вейгль Г. Симметрия. М., "Наука", 1968.

3. Гаузе Г.Ф. Асимметрия протоплазмы. М., Изд. АН СССР, 1940.

4. Готт В.С. Симметрия, инвариантность, структура. М.,"Высшая школа", 1967.

5. Готт В.С., Депенчук Н.П. Симметрия и асимметрия на грани перехода от неживого к живому. 1962.

6. Опарин А.И. Возникновение жизни на Земле. М., Изд. АН СССР, 1957.

7. Рис Г. Структура хромосом. Сб."Химические основы наследственности". М., ИЛ, 1960.

8. Сулима Ю.Г. Биосимметрические и биоритмические явления и признаки у сельскохозяйственных растений. Кишинев, Изд. АН МССР, 1970.

9. Урманцев Ю.А. Симметрия. Биологическое пространство. Сб."Пространство, время, движение". М., "Наука", 1971.

10. Хоменко Т.А. Диалектика симметрии - асимметрии и проблема происхождения жизни. Автореферат канд. диссертации. 1973.

11. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. Л., "Недра", 1968.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 550.93+551.2±551.79

В.А.Зубаков
Всесоюзный геологический институт

ФАУНИСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ПАЛЕОМАГНИТНАЯ ШКАЛА ПЛИОЦЕН-ПЛЕЙСТОЦЕНА СССР

Во ВСЕГЕИ составлена Рабочая геохронологическая шкала новейшего этапа СССР в интервале от 3.3 млн. лет до современности. В рамках этой шкалы можно оценить возраст фаунистических комплексов млекопитающих и морских моллюсков Понто-Каспия, что и показано в таблице I.

Основным подразделением предлагаемой шкалы являются с е з о н ы , за каковые принимаются наименьшие интервалы с определенной геомагнитной полярностью, которые могут быть глобально идентифицированы с помощью хронометрических данных и регионально – с помощью биостратиграфических (I). Сезоны группируются в н а д с е з о н ы, соответствующие по объему "эпохам" полярности Брюнеса, Матуямы и Гаусса схемы Кокса и Далримпла. Сезонам предлагаются географические названия и номерная индексация со знаком вектора /$\vec{N}$ I,3,5...,$\vec{R}$ I,3,5.../. Мелкие магнитомеры, которые не могут опознаваться в разрезах по палеобиологической характеристике отложений, выделяются в э п и з о д ы /случаи/.

Шкала разрабатывалась на опорных разрезах морских отложений Понто-Каспия и континентальных отложений Молдавии и Приазовья. При ее составлении были использованы все имеющиеся материалы, полученные советскими исследователями /В.В.Кочегура, М.А.Певзнер, Г.А.Поспелова, С.С.Фаустов, В.Н.Шелкопляс, Н.А.Лебедева, К.В.Никифорова, Г.И.Попов,

Таблица I

Рабочая геохронологическая шкала плиоцена и плейстоцена Понто – Каспия /возраст в млн. лет/

Магнитомеры			Биомеры			
Надсезоны	Сезоны, их возраст по К– Ar /5/ и ТЛ		По фауне млекопитающих	Черное море	Каспийское море	
Брюнеса	$\vec{N}$ 0	0,27	Волжский	Карангат и узунлар	Хвалынь и хозар	
	$\vec{R}$ 0 Цокурский	0,37		Древний эвксин	Баку	
	$\vec{N}$ I Платовский	0,69	Тираспольский			
Матуямы	$\vec{R}$ I Цвермагальский	0,89		Чауда	Апшерон	Верхний
	$\vec{N}$ 2 Харамильский	0,95				Средний
	$\vec{R}$ 2 Ногайский	I,61	Таманский	Гурий		Нижний
	$\vec{N}$ 3 Олдувайский	I,79				
	$\vec{R}$ 3 Поливадинский	2,43	Хапровский	Куяльник	Акчагыл	Верхний-средний
Гаусса	$\vec{N}$ 4 Квабебский	2,8	Квабебский Котловинский			Нижний-средний
	$\vec{R}$ 4 Каена-Мэмес	3,55		Киммерий		
	$\vec{N}$ 5	3,35				
					Киммерий	

А.Л.Чепалыга, П.Ф.Гожик, Т.Г.Китовани, А.И.Шевченко и многие другие, в том числе и автор статьи за последние 3-4 года/.

Как правило, биостратиграфическим подразделениям ("ярусам" Понто-Каспия, а точнее - зонам и горизонтам) соответствует два и более сезона. Так, нижняя часть к у я л ь н и к а натанебских разрезов и Тамани относится к N 4 сезону, средняя, большая часть куяльника с Digressomedeae - к $\vec{R}$ 3 сезону и одесский куяльник - к $\vec{N}$ 3 сезону. Гурийские слои натанебских разрезов с обильной фауной Digressodacna четко разделяются между $\vec{N}$ 3 и $\vec{R}$ 2 сезонами. Чаудинский горизонт разрезов Цвермагал, Шава и Чахвата I) включает три сезона: $\vec{N}$ 2, $\vec{R}$ I и, самая кровля Чауды, $\vec{N}$ I. При этом возраст $\vec{R}$ I / $\vec{N}$ I инверсии, охарактеризованный фауной с Didacna tschaudae Pavl., определяется В.Н. Шелкоплясом по вторичной термолюминесценции кварца (ТЛ) в 600 ± 80 тыс.лет. Древнеэвксинские /по определению Г.И.Попова, Т.Г.Китовани, И.Г.Тактакишвили и П.В.Федорова/ слои разрезов Уреки и Омпарети относятся к Ro сезону, выделенному В.В.Кочегурой и автором (1973) внутри "эпохи" Брюнеса. В.Н.Шелкопляс определяет возраст этих слоев по ТЛ в 330 ± 58 тыс.лет.

В разрезах а к ч а г ы л ь с к о г о яруса выделяется до пяти сезонов. Самая нижняя часть акчагыла туркменских разрезов, судя по данным Г.З.Гурария и В.М.Трубихина (2) отвечает сезонам $\vec{N}$ 5 и $\vec{R}$ 4. Низы среднего акчагыла с Cardium dombra, включающие остатки квабебского комплекса млекопитающих, относятся к N 4 сезону, названному квабебским. Верхи среднего и низы верхнего акчагыла, в том числе таманский акчагыл Приазовья, соответствуют R 3 сезону, названному поливадинским по разрезу, где таманский акчагыл налегает на куяльник, относящийся к этому же R 3 сезону. Инверсия $\vec{R}$ 3/$\vec{N}$ 4, соответствующая, по данным Ниигаты /1971/, подошве калабрия, располагается в кровле акчагыла.

Возраст сезона $\vec{N}$ 4 по аргоновому методу определяется в 2,2-3 млн.лет /М.М.Аракелянц и Л.К.Левский/, сезона

I) Стратотип чауды на мысе Чауда характеризуется прямой намагниченностью и относится к эпохе Брюнеса /2/-прим.ред.

$\vec{R}$ 3 по трекам /по А.Н.Комарову/ – в 2,2 млн.лет.

Апшеронский ярус Каспия отвечает также пяти сезонам, от $\vec{N}$ 3 до $\vec{N}$ I. При этом $\vec{N}$ 2 сезон устанавливается в верхах среднего апшерона с богатой фауной Paraprsheronia propinqua и Apsheronia raricostata. Аргоновым методом возраст среднего апшерона определяется в 825± 250 тыс.лет /Л.К.Левский/.

Бакинские слои Каспия и Таганрогского залива соответствуют N I сезону, названному платовским. Возраст его по термолюминисценции составляет 380–420 тыс.лет /В.А.Ильичев/.

Результаты исследований Н.А.Лебедевой, Н.А.Константиновой, А.Л.Чепалыги, А.И.Шевченко и др. по увязке фаунистических комплексов млекопитающих и морских моллюсков Понто-Каспия, а также непосредственные палеомагнитные данные по разрезам, содержащим остатки фауны млекопитающих, позволяют следующим образом оценить возраст последних: квабебский, и котловинский комплексы – не менее 2,5 млн.лет, хапровский – от 2,5 до I,8 млн.лет, таманский – от I,8 до 0,9 млн. лет, тираспольский – от 0,9 до 0,35 млн. лет, волжский /плейстоценовый s. str. / – от 310 тыс.лет. При этом тундровая мамонтовая, лесная сингильская и степная хозарская фауны оказываются одновозрастными в интервале от 300 до 230 тыс.лет.

Выводы

Таким образом, фаунистические комплексы млекопитающих как правило соответствуют не более чем двум сезонам, что позволяет придавать сезонам не только магнитохронологическое, но и, для Восточной Европы и Западной Сибири, региональное биомагнитохронологическое содержание.

Обращает на себя внимание, что рубежи, разделяющие основные этапы эволюции фауны млекопитающих, а также морских моллюсков Понто – Каспия, либо приурочены к инверсиям геомагнитного поля, либо располагаются внутри кратковременных сезонов с неустойчивым магнитным полем, таких как олдувайский / $\vec{N}$ 3/, харамильский / $\vec{N}$ 2/ и цокурский / $\vec{R}$ 0/. Едва ли отмеченное обстоятельство можно объяснять только мутациями, вызванными ослаблением геомагнитного поля во

время инверсий /хотя они, очевидно, имели место/. К инверсиям тяготеют и границы многих литостратиграфических и биостратиграфических подразделений, а также регионально развитые горизонты вулканических пеплов, игнимбритов и лав, датированных аргоновым и трековым методами. Таким образом, магнитные инверсии маркируют собой время своего рода микрокатастроф в геологической истории.

Сопоставление разнообразного материала, датированного изотопными методами или путем привязки его к магнитохронологической шкале, приводит к выводу о том, что в развитии климатических процессов, в вулканической деятельности и в изменениях магнитного поля Земли существует один и тот же ритм, длительность которого определялась Н.Ф.Балуховским /3/ в 330 тыс.лет, а автором (Зубаков, 1968) в 370 тыс. лет. Судя по анализу кривых эксцентриситета орбиты Земли /4/ этот же ритм, возможно, обнаруживается и в возмущениях эксцентриситета, длительность его в интервале 30 млн. лет периодически изменяется от 360 до 485 тыс.лет.

Таким образом, складывается впечатление, что 370-480 - тысячелетний ритм отражает пульсационное развитие всей планеты, включая мантию, ядро и атмогидросферу. Вполне естественно, что он находит свое отражение /в несколько завуалированном виде/ и в эволюции биосферы. Не случайно, по-видимому, что длительность многих хронозон фанерозоя /0,75-1,0 и 1,5-2,1 млн.лет/ кратна 370-480 - тысячелетнему ритму.

Представляется актуальной проверка высказанной гипотезы путем анализа всего комплекса геологических данных и, прежде всего, путем анализа истории развития фауны моллюсков и мелких млекопитающих, а также микрофауны Понто-Каспия. В случае подтверждения наличия 370-480 - тысячелетнего ритма и кратного ему 2,1 - миллионнолетнего ритма можно было бы создать, с помощью палеомагнитных данных, периодическую схему расчленения плиоцена, а может быть и всего кайнозоя. И конечно, это позволило бы конкретнее восстанавливать связи между биотическими и абиотическими факторами геологического развития.

Литература

1. Зубаков В.А., Кочегура В.В. Геохронология плейстоцена и климатическая стратиграфия , Географ. о-во СССР, Л. 1973.
2. Меннер В.В. и др. Изв.АН СССР, сер. геол., №8, 1972.
3. Балуховский Н.Ф. Геологические ритмы, "Наукова думка", Киев, 1966.
4. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. Тр. ин-та теоретической астрономии, XIУ, Л., "Наука", 1969.
5. Cox A. Science, V.163, N 3864, 1969.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК 550.462:561

Ю.В.ТЕСЛЕНКО
Институт геологических наук АН УССР

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ CO_2 В АТМОСФЕРЕ И ЭТАПНОСТЬ РАЗВИТИЯ НАЗЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

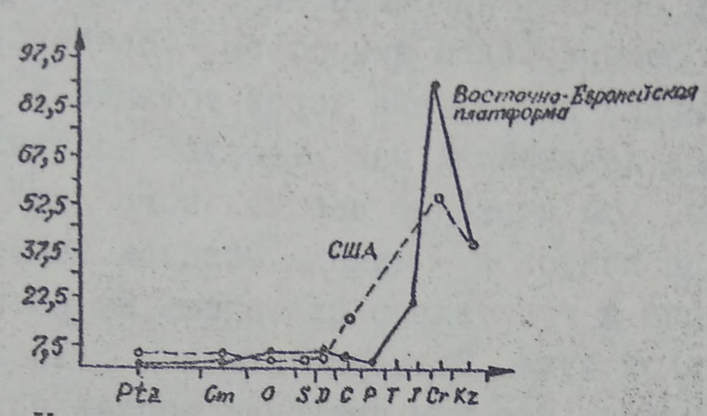
Состав атмосферы так же, как и остальных оболочек Земли, в ходе геологической истории беспрестанно подвергался изменениям в результате сложнейших геохимических, биологических и других процессов, происходивших и происходящих на планете и в её недрах. Некоторые изменения в химическом составе атмосферы в её геологическом прошлом могут быть реконструированы по данным литологических и геохимических исследований. Это относится, в частности, к такому важнейшему для жизни растений компоненту воздуха как углекислый газ.

Как известно, парциальное давление CO_2 в воде находится в равновесии с содержанием углекислоты в воздухе. Сравнительные литолого-геохимические исследования древних и современных карбонатных осадков /5, 6/ и экспериментальные работы по получению доломитов из морской воды /2/ показали, что, наряду с другими факторами, образование доломитов определяется высоким содержанием CO_2 в воде. Отсюда следует, что эпохи интенсивного доломитообразования в геологическом прошлом Земли соответствуют эпохам наибольшего содержания углекислого газа в атмосфере. При снижении же парциального давления CO_2 в системе атмосфера-океан процессы доломитообразования затухали и начинала преобладать генерация карбонатов кальция - известняков, писчего мела. Таким образом, по отношению Ca/Mg в карбонатных породах

можно составить некоторое представление о режиме углекислоты в системе атмосфера-океан во время формирования этих образований /3/.

Проведенные для фанерозоя Северной Америки /8/ и Восточно-Европейской платформы /I/ расчеты показали, что кривые изменений отношения Ca/Mg характеризуют единую направленность общепланетарного процесса доломитообразования. Кроме того, они отображают эволюцию состояния парциального давления углекислого газа как в гидросфере, так и в атмосфере планеты. Расчеты процентного содержания CaO и MgO в карбонатных породах Восточно-Европейской платформы /I/, пересчитанные А.В.Гольбертом /7/ на значения отношения Ca/Mg, указывают, что в содержании CO_2 в атмосфере за время существования наземных растений отмечается два рубежа, когда парциальное давление этого газа значительно падало. Первый из них приурочен к переходу от палеозойской эры к мезозойской и, возможно, приходится на конец перми и первую половину триаса, данные по которому отсутствуют. Значение отношения Ca/Mg в породах соответствующего возраста повышается в два с лишним раза. Более яркий рубеж, отмеченный увеличением значения Ca/Mg почти в четыре раза, наблюдается в середине мелового периода. Именно к этим рубежам приурочены переломные моменты в развитии наземных растений: смена палеофита мезофитом и мезофита кайнофитом (рис. I, 2).

Снижение содержания углекислоты в атмосфере влечет за собой определенные изменения в климате планеты. Уменьшается тепличный эффект и средняя облачность земного шара. Это способствует повышению уровня инсоляции и создает предпосылки для формирования более контрастных и сухих климатических условий. Создающиеся климатические ситуации уже сами по себе должны неблагоприятным образом отразиться на жизнедеятельности растительного мира, сложившегося и развивавшегося при иных режимах инсоляции и влажности климата. Однако наиболее существенным, вероятно, было воздействие уменьшения парциального давления CO_2 в атмосфере на энергию фотосинтеза. Как известно из наблюдений над современными растениями, эта энергия находится в определенном равновесии с существующим парциальным давлением углекислоты.



Изменение во времени отношения Ca/Mg в карбонатных породах Восточно-Европейской платформы и Северной Америки.

Рис. I

Содержание Ca и Mg в карбонатных породах и границы этапов развития наземных растений

Система		CaO	MgO	Ca/Mg	Флоры
		по А. П. Виноградову и др.			
Четвертичная		50,32	0,82	70,4	Кайнофит
Третичная		34,84	1,22	34,7	
Меловая	Верхний отдел	45,70	0,50	106,3	
	Нижний отдел	45,80	1,80	29,0	
Юрская		25,83	2,86	10,6	Мезофит
Триасовая		Данные отсутствуют			?
Пермская		35,55	9,14	4,6	
Каменноугольная		41,59	8,97	5,3	Палеофит
Девонская		38,24	6,71	6,7	
Силурийская		41,00	5,77	8,2	
Ордовикская		32,06	10,48	3,2	
Кембрийская		34,0	11,53	3,4	

Рис. 2

По-видимому, и в геологическом прошлом эта закономерность также имела место. Можно предположить, что морфология палеозойских растений, простота строения их устьиц и ассимиляционного аппарата, небольшая суммарная площадь листвы были наилучшим образом приспособлены к высокому содержанию углекислоты в палеозойской атмосфере, обеспечивающему энергичное поступление этого газа через устьица в паренхиму листьев для его дальнейшей максимальной ассимиляции. Вполне естественно, что снижение парциального давления CO_2 в атмосфере конца палеозоя - начала мезозоя нарушило сложившееся равновесие и губительно сказалось на растительном мире палеозойской суши. Эксперименты над современными растениями показывают, что при снижении нормального содержания CO_2 с 0,03% до 0,01% и ниже отмечается глубокая депрессия или полная остановка процессов фотосинтеза /4/. Можно предположить, что изменение газового режима позднепалеозойской - раннемезозойской атмосферы, наряду с суммой других факторов палеогеографической перестройки планеты, губительным образом сказалось на палеозойских наземных растениях Земли, не обладавших достаточной пластичностью. Угнетение и вымирание большинства из них сопровождалось процессом их бурного вытеснения более высоко организованными таксонами растений, зародившихся в недрах флоры палеофита и оказавшихся более приспособленными к осуществлению реакций ассимиляции в новых условиях газового режима атмосферы. Эти таксоны стали впоследствии основным ядром флоры мезофита.

Со второй половины триаса и по ранний мел сложилось, уже на другой физиологической основе, равновесие между энергией фотосинтеза и парциальным давлением CO_2 атмосферы. Оно было нарушено в середине мелового периода. По данным геохимического анализа карбонатных пород этого возраста, при переходе от раннемеловой к позднемеловой эпохе произошло следующее резкое уменьшение количества углекислоты в воздухе. Соответственно, уменьшилась средняя облачность и увеличилась интенсивность инсоляции. Снижение количества углекислоты и воздействие все усиливающейся освещенности прямыми лучами солнца подавляли у мезофитных растений со свойственными им строением и физиологией реакции фотосинтеза. Это, вероятно, и послужило причиной исчезновения с жиз-

ненной арены большинства таксонов мезофитной флоры. Однако в ее составе уже сформировались и получили достаточно широкое распространение группы растений с более высокой пластичностью по отношению к таким важнейшим факторам внешней среды как парциальное давление CO_2 атмосферы и освещенность. Они продолжали свое развитие в новой обстановке (например, семейство сосновых). Те же причины послужили мощным толчком к повсеместному распространению покрытосеменных растений, незаметных в составе флоры мезофита компонентов горных растительных ассоциаций. Приуроченность предковых мезофитных форм покрытосеменных к горным местам произрастания, особенности их строения, при котором значительная суммарная площадь листвы способствовала максимальному притоку углекислоты в паренхиму и лучшему использованию для процессов фотосинтеза напряженности света, обусловили осуществление нормального для них течения процессов фотосинтеза в условиях разряженного воздуха (в том числе и небольшого парциального давления углекислоты) и большей освещенности. Это позволило покрытосеменным при сложившейся в середине мелового периода обстановке, достаточно оптимальной для них и неблагоприятной для большинства растений мезофита, совершить энергичную экспансию и положить начало в развитии новой эры - кайнофита.

Таким образом, вырисовывается существование прямой зависимости между переломными моментами содержания CO_2 в атмосфере и наиболее крупными этапами в эволюции наземных растений.

Литература

1. Виноградов А.П., Ронов А.Б., Ратынский В.М. Совещ. по осадочн. породам. Докл. вып. I, М.,изд-во АН СССР,1952.
2. Казаков А.В., Тихомирова М.М., Плотникова В.И. Система карбонатных равновесий (доломит-магнезит). Тр. ГИН АН СССР, вып. 52, сер. геол., № 64, 1957.
3. Ронов А.Б. "Геохимия", № 5, 1959
4. Рубин Б.А. Курс физиологии растений.Изд. 2-е, М., "Высш. школа", 1963
5. Страхов Н.М. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1949
6. Страхов Н.М. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1958
7. Тесленко Ю.В. "Геология и геофизика" № II, 1967.
8. Daly R.A. Bull. Geol. Soc. Amer., 20, N I53, 1909.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Е.В.КРАСНОВ
ДВНЦ АН СССР

О КОРРЕЛЯЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ПАЛЕОТЕМПЕРАТУР И ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА В КРИОНОГЕНЕ

Проблема синхронизации изменений органического мира и среды в ходе геологической истории давно привлекает исследователей, но решается ими далеко неодинаково. Наряду с утверждениями об одновременности резких изменений в развитии различных групп организмов (Динер, 1934; Меннер, 1962 и др.), хорошо известны факты, указывающие на различные скорости эволюции отдельных групп и линий внутри каждой из них (гетерохронность развития). Сторонники синхронности, как правило, отрицают гетерохронность и наоборот. Между тем оба процесса безусловно реальны.

Виды и роды в различных группах животных и растений изменяются асинхронно и неравномерно (например, реликтовые кистеперые и костистые рыбы; гинкговые и покрытосеменные и т.д.) в соответствии с генетически закрепленной нормой реакции и свойственными им темпами эволюции. Напротив, сообщества организмов, далеких по происхождению, но тесно связанных по условиям и образу жизни (экосистемы или биогеоцинозы) обнаруживают удивительную согласованность изменений во времени и пространстве.

Одновременность крупных изменений состава сообществ (сукцессии)-твердо установленная закономерность, которая, вряд ли будет опровергнута в будущем. Однако причина такой

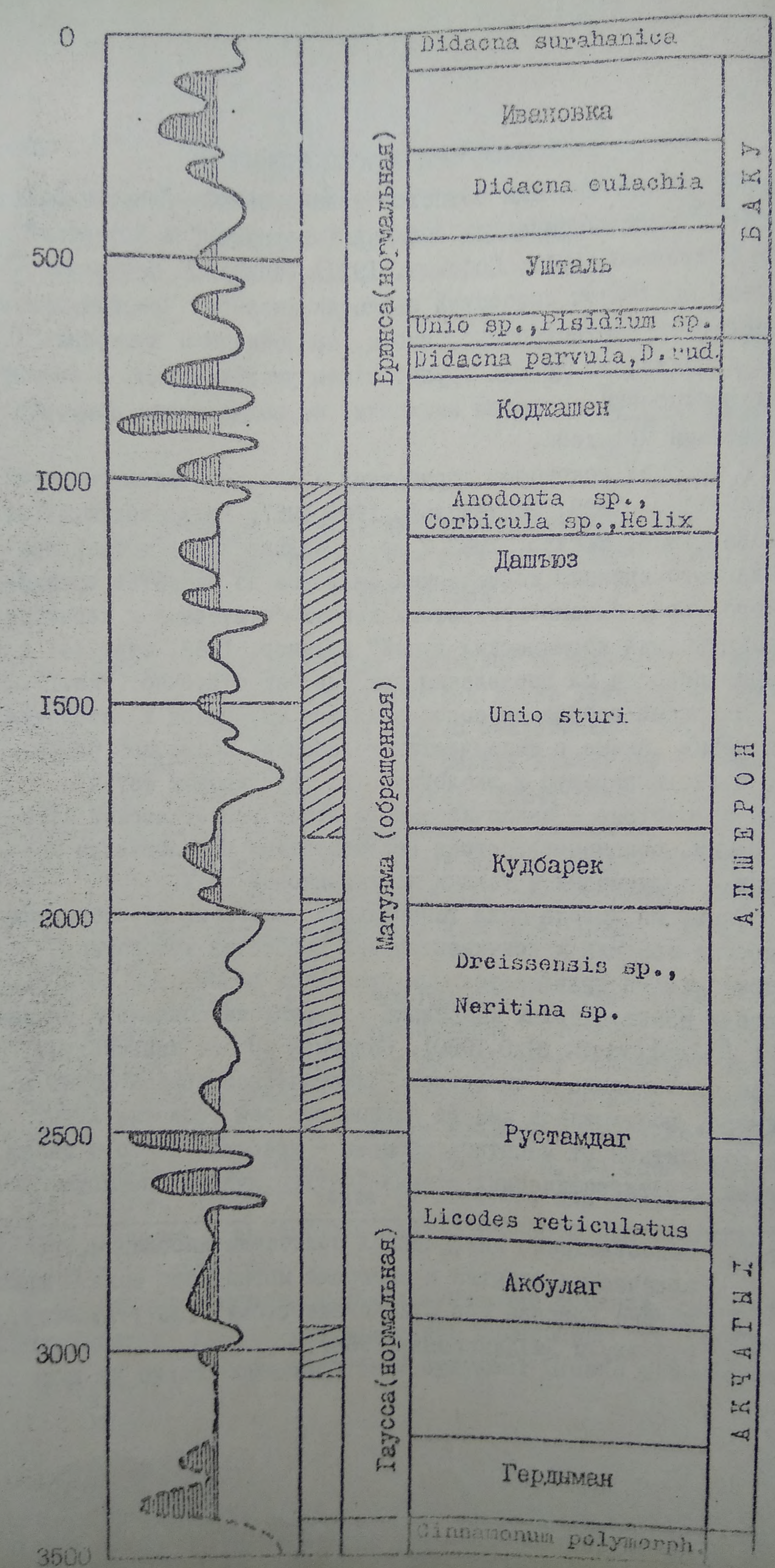
одновременности все еще остается невыясненной. Попытки объяснить ее с автогенетических позиций "старением" и "смертью" видов (Brocchi, 1814; Соболев, 1927) оказались безуспешными из-за различных скоростей эволюции филумов. Представления о всесветных "катастрофах", якобы, приводящих к вымиранию одних и появлению других групп, чисто умозрительны. В основу таких построений кладутся элементы, не поддающиеся проверке адекватными методами.

В работах некоторых зарубежных и отечественных геологов (Marshall , 1928; Шиндевольф, 1950,1957; Ковалевский,1957; Иванова, 1958; Меннер, 1962 и др.) развивается гипотеза преобладающего влияния космических факторов на развитие органического мира, однако конкретных данных "о степени и характере воздействия космических лучей" (Меннер, 1962, стр.244) и о периодичности их проявления все еще недостаточно.(Рис.I).

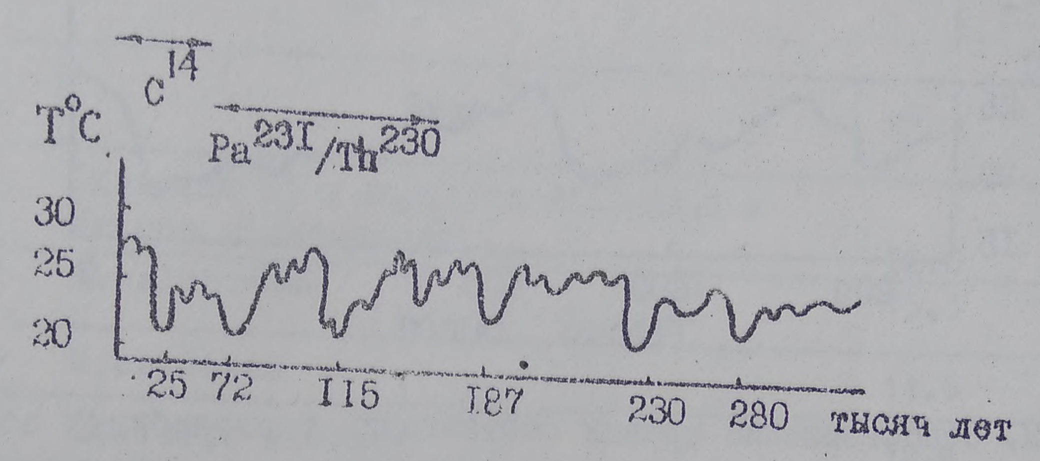
В данном сообщении сопоставляются имеющиеся в литературе и новые данные о циклических колебаниях солнечной радиации, палеотемператур и экологических группировок фауны и флоры крионогена - заключительного этапа геологической истории Земли, ознаменовавшегося неоднократным чередованием холодных - ледниковых и теплых межледниковых эпох.

Экология холода была генеральным фактором, обусловившим сукцессии морских и континентальных сообществ крионогена, поэтому весьма привлекательным оказалось сопоставление периодичности температурных колебаний с периодами солнечной радиации (Milankovich, 1920,1930). Солярная кривая Миланковича хорошо сопоставима с известной климатической кривой Пенка и Брюкнера, построенной ими по данным полевой геологии Альп, если отрешиться от масштаба времени - наиболее слабого звена во всех стратиграфических схемах "четвертичного" периода.

Рис.I. Сопоставление циклических колебаний инсоляции, геологических событий и инверсий магнитного поля в крионогене Кавказа (по С.А.Ковалевскому, 1957; А.Коксу, Р.Доллу и Дж.Далримплу,1968).


Тысячи лет
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Брюнса(нормальная)
Матуяма (обращенная)
Гаусса(нормальная)
Didacna surahanica
Ивановка
Didacna eulachia
Ушталь
Unio sp., Pisidium sp.
Didacna parvula, D.rud.
Коджашен
Anodonta sp., Corbicula sp., Helix
Дашъюз
Unio sturi
Кудбарек
Dreissensis sp., Neritina sp.
Рустамдаг
Licodes reticulatus
Акбулаг
Гердыман
Cinnamonum polymorph.
Б А К У
А П Ш Е Р О Н
А К Ч А Г Ы Л

Расчеты колебаний солнечной радиации (инсоляции) неоднократно уточнялись, но результаты различных авторов близки между собой. Более того, астрономическая кривая Кролля (Kroll , 1875) построенная лишь по одной из трех важнейших переменных, определяющих облучение Земли - эксцентриситету ее орбиты, в общем вполне удовлетворительно отмечает все крупнейшие волны тепла и холода, коррелируется с соответствующими изменениями фауны и флоры и обращениями магнитного поля (рис.I).



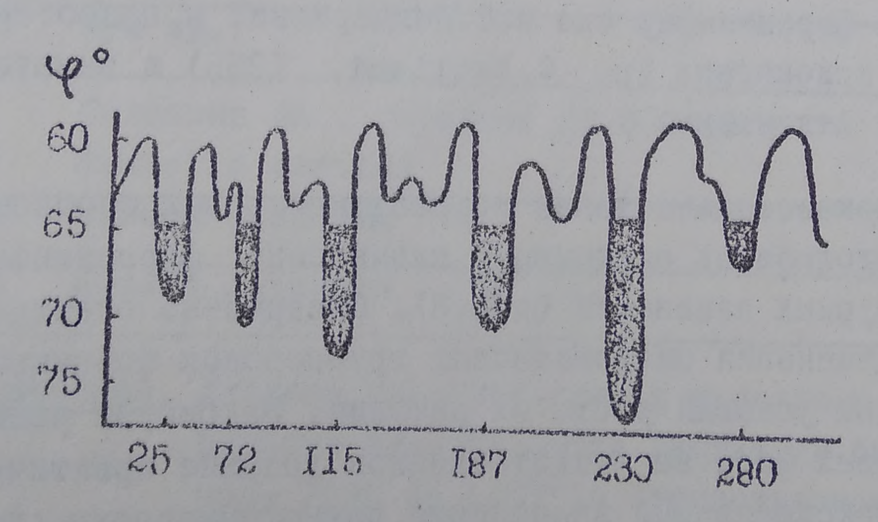


Рис.2. Сопоставление кривых палеотемператур (по C.Emiliani, 1955,1964) и инсоляции (по Ш.Г.Шараф и Н.А.Будниковой, 1969) за последние 300 тысяч лет.

Сопоставление солярной и палеотемпературной кривых (последняя построена по изменениям отношений O^{18}/O^{16} в раковинах планктонных фораминифер) за последние 300 тысяч лет также приводит к корреляции их пиков. Максимумы холода, полученные двумя независимыми методами, совпадают количеству и интенсивности (рис.2). При этом земные собы по отноше-

шению к соответствующим изменениям космического фактора (инсоляции) запаздывают примерно на 8 тыс. лет (Брекер, 1968).

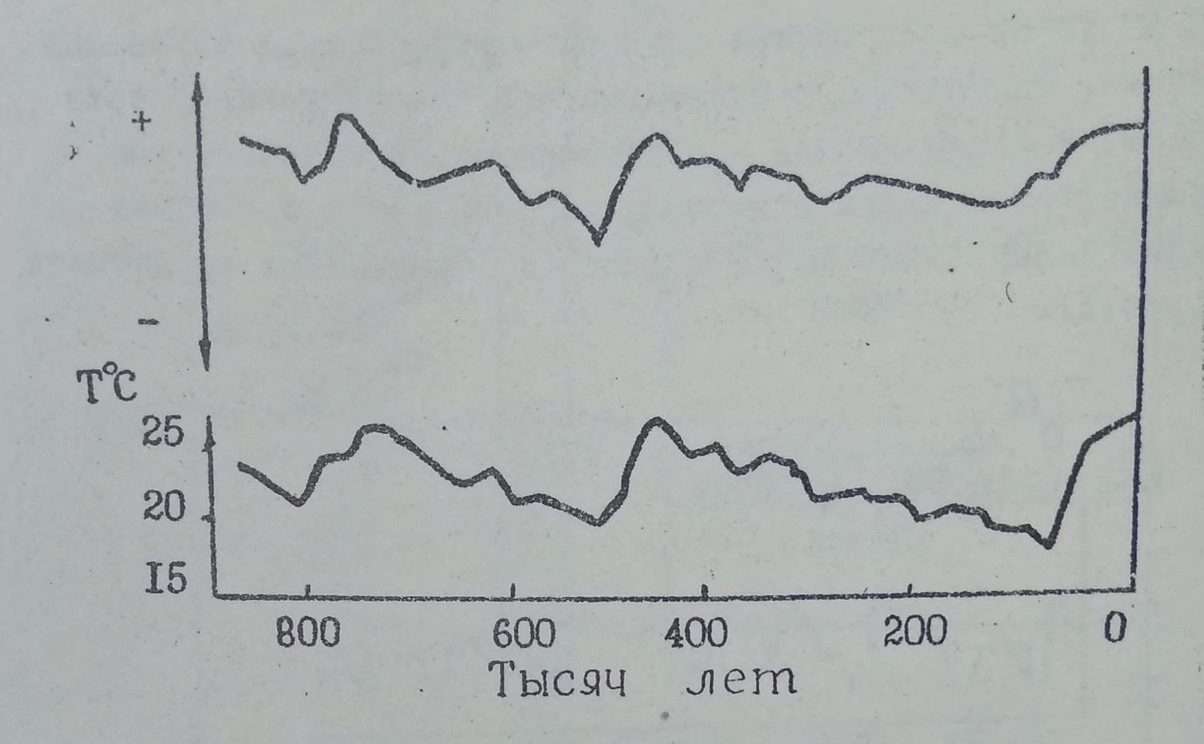


Рис.3. Сопоставление кривых соотношения теплолюбивых ассоциаций фораминифер (по А.С.Девдариани) и палеотемператур крионогена (по C.Emiliani, 1955) в экваториальной Атлантике.

Весьма показательна также корреляция кривых соотношения тепло- и холодолюбивых ассоциаций планктонных фораминифер и палеотемпературных изменений (рис.3). Совершенно очевиден параллелизм изменения экологических группировок фораминифер и температурных условий роста их раковин. Максимумы развития теплолюбивых форм на представленном графике практически совпадают с максимальными значениями палеотемператур.(Табл.).

Новые данные о резком уменьшении палеотемператур роста раковин моллюсков по мере приближения ледникового времени на севере Чукотки (см.таблицу) параллелизуются с аналогичными данными о доледниковых температурных условиях Аляски (Allison, 1973), Северной Атлантики и Кавказа.

Бурением с судна "Гломар Челленджер" севернее полуострова Лабрадор доказано, что древнейшие холодолюбивые сообщества морских организмов и оледенение крионогена появились около 3 млн. лет назад. Соответствующие изменения комплексов фауны и флоры обнаружены в акчагыле Кавказа (Гроссгейм, 1948;

Колесников, 1949; Ковалевский, 1957). Комплекс диатомей из доледниковых отложений севера Чукотки оказался более теплолюбивым, чем на юге Приморья.

Таблица

Палеотемпературы роста раковин моллюсков из Валькарайских морских отложений четвертичного возраста на севере Чукотки

№№ образцов	Виды	T°C
	Скважина 25 , горизонт 21.0-22.6 м	
304/1	Macoma middendorffi	12.0
304/2	M.calcarea	15.3
304/3	M.calcarea	11.6
304/4	Hiatella arctica	12.9
304/5	Mya sp.	10.3
	Скважина 25 , горизонт 23.0-24.0 м	
402/1	Hiatella arctica	18.5
402/2	Macoma arnheimi	20.7
402/3	Macoma calcarea	19.5

Примечание. Анализы палеотемператур выполнены в Лаборатории палеоэкологии Института биологии моря ДВНЦ АН СССР на отечественном масс-спектрометре МИ-1309 инженерами А.В.Игнатьевым и В.Е.Шейгусом.

Таким образом, повсеместно устанавливается переломный момент перехода от теплолюбивых фаун и флор к холодолюбивым, датируемый акчагылом. Палеомагнитная корреляция пород западных районов Северной Америки, Южной и Восточной Европы, Африки и Исландии (Кокс, Долл, Далримпл, 1968) в большей степени подтверждает этот вывод. Эпоха нормальной магнитной напряженности Гаусса, характеризующая отложения акчагыла и его возрастные аналоги в других районах мира, пришла на смену эпохе обратной напряженности Гильберта около 3,4 млн.назад. Вслед

за этим событием регистрируются древнейшие оледенения Исландии и появляются холодолюбивые сообщества организмов во многих районах мира.

Обнаружение корреляции между космическими факторами (инсоляцией, инверсиями магнитного поля и т.д.) и сукцессией сообществ не приводит к автоматическому выявлению причинно-следственных связей. Последние могут быть установлены лишь после того, когда станут выяснены механизмы действия реальных факторов.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Г.Н.Матюшин
Институт археологии АН СССР

О РОЛИ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ В ПРОЦЕССЕ АНТРОПОГЕНЕЗА

Проблемы антропогенеза волнуют человечество многие тысячелетия. Однако только сейчас получены материалы, позволяющие вплотную приступить к решению этих сложнейших проблем. Так, археологические открытия последних I5-ти лет показывают, что устоявшиеся представления по некоторым проблемам антропогенеза, как и методы решения этих проблем, нуждаются в существенной корректировке. Последние данные свидетельствуют о том, что в решении проблем происхождения человека нельзя ограничиваться изучением одного, даже казалось бы самого важного фактора, а необходимо привлекать совокупность всех факторов и обстоятельств и анализировать их с самых разных сторон, используя возможности всех наук, хотя некоторые из них может быть на первый взгляд иногда и кажутся не имеющими прямого отношения к проблеме антропогенеза. Только на пути комплексного подхода возможно полное решение проблем антропогенеза и прежде всего выяснение причины, приведших к столь быстрой трансформации ископаемых предков в человека. Каким путем, под влиянием каких факторов у предков человека произошли изменения в наследственности /I/, какие факторы сыграли здесь решающую роль - вот проблема, решение которой даст возможность понять механизмы антропогенеза.

Различия между обезьяной и человеком

До сих пор было принято все процессы антропогенеза объяснять социально-экономическими закономерностями. Однако

как это подчеркивает Н.П.Дубинин /2/, для понимания соотношения биологического и социального в человеке важнейшим является тот до сих пор плохо осознанный факт, что итоги общественно-трудовой деятельности, как это показывают законы генетики, не могли записываться в генах, они не стали субъектом биологической эволюции. Процесс антропогенеза, по мнению Н.П.Дубинина, был нарастающим биологическим процессом, ароморфозом, прерываемым вспышками импульсной эволюции.

До сих пор общепринятой гранью, отделяющей человека от обезьяны является использование орудий и социальная организация. Однако в последнее время в западной литературе /3,4, 5,6 и др./ много рассказывается об использовании орудий и даже о некоторых элементах социальной организации у шимпанзе /3,7,4,5,8/:

И.Итони и А.Сузуки /5/ приводят данные об использовании и изготовлении орудий саванными шимпанзе. Т.Страхзакер и П.Ханкелер /9/ приводят данные об использовании орудий и лесными шимпанзе, хотя шимпанзе, изученные В.Сугияма /10/ и В.Ф.Рейнольдсом /11/ в лесной зоне Будонго в Уганде не используют орудий и не охотятся. По мнению Г.Бартоломеу и Г.Вирдселя /12/, П.Тобайаса /13/, Д.Робинсона /14/ и М.Волпова /15/ использование орудий гоминидами зависит от окружающей среды.

А.Манн /16/ считает, что шимпанзе объединяются для более успешной разработки пищевых ресурсов. Группы шимпанзе, обследованные Д.Джавик-Гудалом /17/ охотились и съедали в год в среднем по двадцати млекопитающих.

Большинство исследователей сводит основные составные элементы культуры к стандартности поведения /18,16/. В.Годеноу /19/ считает, что такие нормы стандартного поведения характерны не только для гоминид, но и для понгид. По мнению некоторых исследователей /3/ такие нормы социального поведения вырабатываются в играх. Передаваясь из поколения в поколение они закрепляются и превращаются в нормы социального поведения. Р.Халловей /20/ полагает, что такие нормы социального поведения отражаются в традициях изготовления орудий и определяются условиями среды.

По мнению А.Мана /I6/, период детства у гоминид еще 5,5 млн.лет назад стал более длительным, нежели у животных. Этот обзор можно продолжить, но и из сказанного ясно, что сейчас получены данные о том, что шимпанзе используют и даже иногда изготовляют орудия, коллективно охотятся, делят между собой пищу не по принципу доминантности, а в зависимости от охотничьих успехов и т.п. А.Ман, анализируя все эти данные, пришел даже к заключению, что ни в использовании орудий, ни в культурном отношении, ни в смысле "нормального кодекса", ни по организации семьи, как ячейки более комплексной социальной организации, ни по анатомическим признакам общепринятые различия между ранним человеком и шимпанзе не могут быть в настоящее время приняты /I6/. Однако более внимательное исследование всех новейших данных о повадках шимпанзе приводят к заключению, что все же между гоминидами и понгидами существуют принципиальные отличия.

Ни использование орудий, ни охота, ни элементы "социальной" организации у шимпанзе не являются системой. Все это спорадические, случайные акты. Создается впечатление, что шимпанзе как бы умеют все "делать по-человечески", однако, "не хотят" всем этим заниматься систематически. Конечно, дело не в субъективно-эмоциональных причинах, не в том, что шимпанзе "хотят" или "не хотят". Причины систематической деятельности по изготовлению орудий у человека и отсутствии таковой у шимпанзе следует искать в сфере исторической необходимости для человека в подобной деятельности и отсутствии такой необходимости в орудийной деятельности для шимпанзе.

Мне представляется, что у шимпанзе отсутствует необходимость в систематическом изготовлении орудий в силу того, что они, как и общие предки человека и шимпанзе, имеют естественные возможности добывать все необходимое для существования без изготовления орудий. Думается, что переход к антропогенезу был обусловлен прежде всего тем, что по каким-то причинам материального порядка определенная часть гоминоидов потеряла возможность существовать, не прибегая к систематическому изготовлению орудий. Уменьшение зубов, прямохождение, грацильность костяка - все эти признаки можно рас-

сматривать не только как знаменующие переход к семейству гоминид, но и как показатель потери ископаемыми предками возможности успешно добывать средства для существования чисто животными методами. В самом деле обезьяны добывают себе пищу, пользуясь четырьмя сильными лапами и крупными острыми зубами. Предки человека по каким-то причинам потеряли крупные острые зубы и две сильных руки из четырех. Все археологические находки свидетельствуют о том, что строение ископаемых гоминид в сравнении с их предками и "собратьями"-шимпанзе - стало физически слабее, костяк - более тонким, грацильным.

По мнению многих антропологов, все эти изменения в строении предков человека произошли до того, как человек начал изготовлять орудия. Так, М.И.Урысон приводит /2I/ убедительные данные о том, что семейство гоминид выделилось задолго до того, как появились те представители этого семейства, которые стали изготовлять каменные орудия. Следовательно, причины по которым систематическая деятельность по изготовлению орудий стала для человека исторической необходимостью, по времени предшествуют возникновению общественно-трудовой деятельности.

Безусловно, поиски причин трансформации гоминид следует вести в области материальной и прежде всего в материальных особенностях прародины человека.

Африка - прародина человека

Находки Л.Лики, М.Лики и Р.Лики /22,23,24/ в Африке, как и предшествующие работы Р.Дарта /25/, Р.Брума /26-29/, Ф.Тобайаса /I3/, Д.Нейпура и др. /30/ убедительно показали, что прародина человека находится в Восточной и Южной Африке. Геологически это достаточно убедительно обосновано И.К.Ивановой /3I/, антропологически это не менее убедительно показано Я.Я.Рогинским /32/, В.П.Якимовым /33/, А.Маном /I6/ и другими /24/. Это доказывается прежде всего тем, что в этой области найдены самые древние остатки ископаемых гоминид (рис. I,А) и наибольшей близостью человека к африканским антропоидам. Еще в I87I г. Гексли показал, что из всех живу-

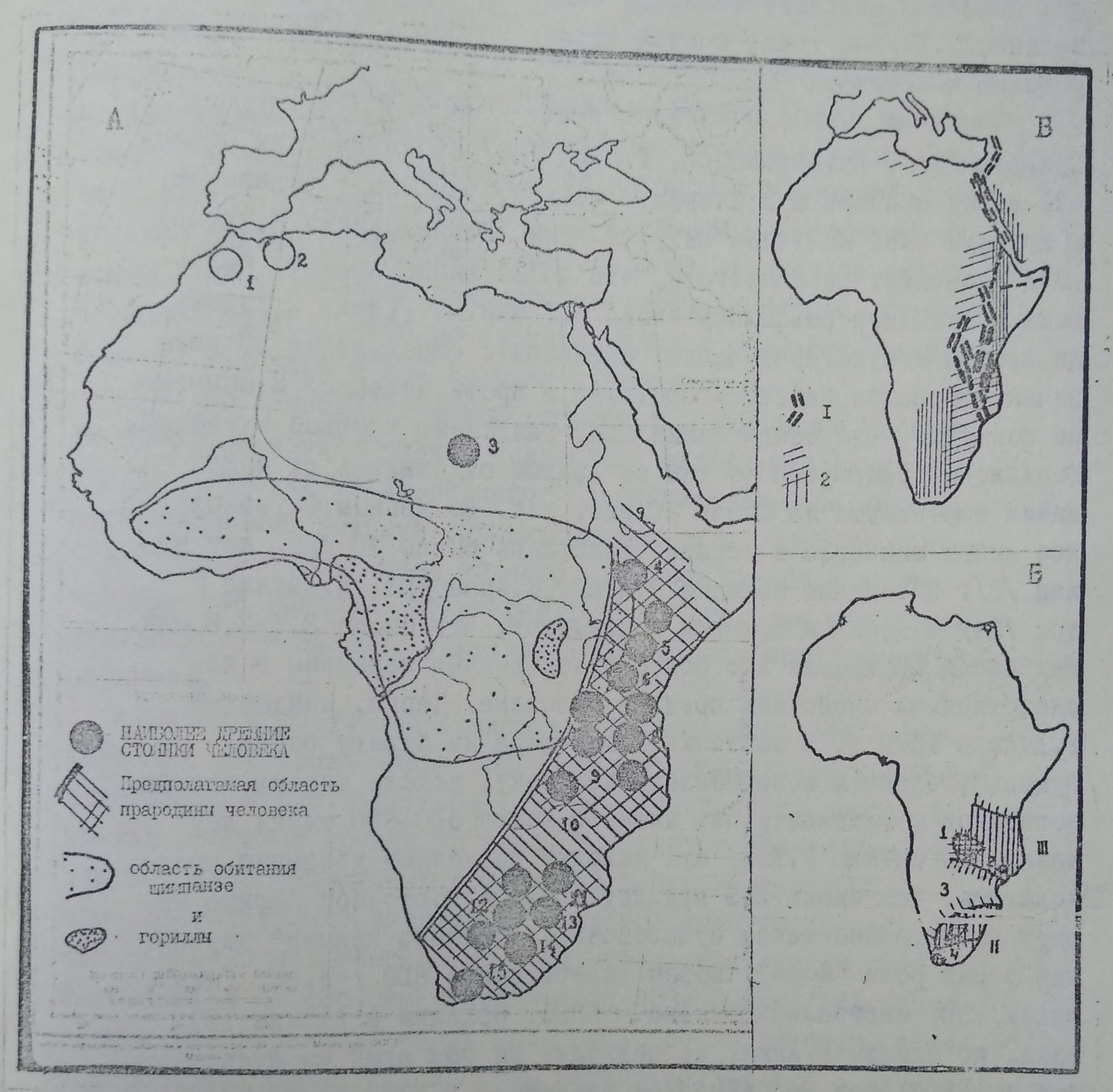


Рис.1.

I,А. Область распространения наиболее древних стоянок первобытного человека /44/ и территория обитания современных шимпанзе и горилл.

I - Терниф. 2 - Сиди Зин. 3 - оз.Чад. 4 - Омо. 5 - Канапои 6 - Форт Тернанан. 7 - Олдувей. 8 - Каламбо Фаллс. 10 - Брокен Хилл. II - Макапансгат. I2 - Таунг. I3 - Кромдраай. I4 - Штернфонтейн. I5 - Хаупфильд, Стиллбей.

I,Б. Схема основных урановорудных районов /42/

I,В. Зоны интенсивных тектонических движений и землетрясений в Африке (2) и крупных тектонических разломов (I) /70/

щих приматов шимпанзе наиболее близок к человеку. Как известно, Ч.Дарвин также считал Африку наиболее вероятной прародиной человека.

Как показывают последние исследования В.Сарича /34/, Гудмана /35/, Дж.Барнабаса, Г.Мора /36/ биохимических различий между человеком и шимпанзе меньше, чем между человеком и другими ныне живущими антропоидами. Исследования К.Бауера /37/ позволяют предполагать, что общие линии предков человека и шимпанзе разошлись около 9,7 млн.лет,(если исходить из данных иммуногенетических анализов). Определение 30 различных образцов плазмы - протеина в крови человека и шимпанзе показало, что общая линия была разделена крупной мутацией. Горилла и оранг-утан по тем же данным отделились от общей линии еще раньше не менее 70 млн. лет. По данным Ф.Рейнольдса линии шимпанзе и гориллы разошлись около 20 млн. лет назад /8/. Последние находки Р.Лики, К.Арамбура, К.Хаулла и др. /24/ в Кении и Эфиопии показывают, что около 2,6-2,8 млн. лет назад произошли еще более существенные перемены в наследственных свойствах предков человека. Череп, найденный Р.Лики в 1972 г. в местечке Кооби-фора на берегу озера Рудольф, ближе к современному человеку, нежели черепа австралопитеков и питекантропа, жившего всего 500-600 тысяч лет назад. По мнению Р.Лики эти находки позволяют уверенно предполагать, что около 2,5 млн.лет назад в Восточной Африке наряду с австралопитеком существовала "истинно прямая" двуногая форма рода "Homo". Объем черепа около 800 куб.см? (шимпанзе 390, австралопитековые - 530). Находки в Африке 1972 года, по мнению Р.Лики, не подходят ни под одну из существующих ныне гипотез человеческой эволюции. Р.Лики считает, что это и есть остатки истинных предков человека, и что эти предки были намного ближе к нам, чем это представлялось ранее.

Важно подчеркнуть, что эти находки, как и предшествующие останки президжантропа и зинджантропа найдены в вулканических изверженных породах - туфах. Вместе с останками человека на оз.Рудольф найдены и орудия, их количество было настолько значительным, что позволило назвать эти находки орудий - самой древнейшей на нашей планете мастерской гоминидов.

Антропогенез и радиоактивность

Итак, последние данные будто бы окончательно убеждают, что ископаемая прародина человека - Южная и Восточная Африка (рис.I,А), следовательно конкретно проблема может быть сведена к выяснению природных особенностей Восточной и Южной Африки, сочетание которых с определенными существенными изменениями общепланетарной среды могли вызвать около 2,6-2,8 млн.лет назад такие существенные измерения генетического порядка, которые зафиксированы в остатках человека с озера Рудольфа и др. находки в Африке.

Во всех многочисленных работах,так или иначе касающихся проблемы происхождения человека и интерпретирующих африканские находки виллафранкского времени, подробно описываются природные условия Африки, однако ни в одной из них не указывается, что данная область содержит наиболее концентрированные урановые руды (рис.I,Б), и что, как мне представляется, нельзя не учитывать при решении проблем антропогенеза.

Южная и Восточная Африка и сейчас располагают самыми крупными месторождениями урановых руд /38-41/. По М.М.Константинову и Е.Я.Куликовой /42/ здесь находятся вторая и третья урановые провинции мира. К урановым провинциям относят совокупность рудных проявлений больших территорий - чаще всего линейно вытянутых, с протяженностью от нескольких сотен до нескольких тысяч км. Южно-Африканский пояс прослеживается на 4800 км с шириною до 200-300 км /42/. Выделяются две группы урановых провинций: докембрийские, которые содержат около 70% запасов радиоактивных руд и палеозойского и более молодого возраста. Африканские провинции относятся к докембрийским. По концентрации месторождения Африки превосходят любые другие. Подсчитано, что запасы руды в месторождении Витватерсранд (рис. I,В, З), например, превышают запасы урана в любом аналогичном объеме пород в любой части мира /43/.

В Западной Африке, там где до сих пор обитают практически не изменившиеся за последние три миллиона лет антропоиды-шампанзе и гориллы (рис.I) отсутствуют месторождения

радиоактивных руд. Не найдено там и ископаемых предков человека. Даже в позднем палеолите стоянки первобытного человека все еще концентрируются в Восточной и Южной Африке /44/.

Концентрация урановых руд означает повышенную радиацию в области месторождений, так как главным свойством урановых материалов в местах их естественного залегания является их высокая радиоактивность /45/. Следует отметить, что Восточная и Южная Африка область поднятий. Причем подсчитано, что в местах содержащих радиоактивные руды радиация в 10 раз превышает общий уровень /46/ и в настоящее время.

Высокая радиоактивность этой зоны не могла не повлиять на наследственные свойства обитавших там млекопитающих, в том числе на предков человека , ибо обширные опытные данные генетики показывают, что радиация выступает как фактор отбора в среде обитания, оказывая поражающее влияние на организмы и как фактор увеличения частоты мутирования генов и хромосом. Будучи мутационным фактором, радиация поражает наследственные структуры популяции. В условиях жесткого отбора и гибели многих особей популяция создает особые системы генотипов при жизни в условиях хронического облучения повышенными дозами /47/. Причем мутации могут возникнуть при любых дозах, число поврежденных хромосом пропорционально дозе. Поскольку взаимодействие энергии ионизирующих излучений с наследственными структурами осуществляется на уровне атомов и молекул для вызывания поражений нет порога дозы /48/.

Н.П.Дубинин /49/ рассчитал, что количество ионизирующих излучений, удваивающих частоту естественных проявлений мутаций у человека может составлять всего лишь 10 рад. Для человека количество мутаций в его зародышевых клетках постепенно "набирается" им от зачатия до конца способности его к деторождению.

Установлено, что гоминоиды более чувствительны к ионизирующей радиации, чем другие млекопитающие /50/.

Выше уже отмечалось, что все находки ископаемых предков человека найдены в вулканических отложениях. Вся эта область Восточной и Южной Африки отличается повышенной актив-

ностью вулканической деятельности (рис.I,Б). Особенно активными процессы вулканизма, горообразования, появления великих разломов были в эпоху выделения человека из мира животных, в плиоцене /44,5I/. Доказано, что вулканические породы более радиоактивны нежели осадочные. В отдельных районах вулканические породы создают дозу I2 рад/год, т.е. сама по себе эта доза может удвоить количество мутаций у человека /46,52/.

Следует иметь ввиду, что большинство свежих выходов изверженных пород легко выщелачивает около 40% урана /53/. Процессы выветривания урановых руд обуславливаются двумя главными факторами: I) Составом первичных руд и вмещающих их пород и 2) климатическими условиями.

В аридном климате (пустынном, жарком с бедной растительностью) урановые руды разлагаются в щелочной обстановке и дают с одной стороны растворимые урано-карбонаты, а с другой нерастворимые силикаты уранита. В условиях гумидного климата (обилие влаги, растительности и т.п.) развивается кислый тип выветривания. Процесс разложения протекает медленно и кислые воды выносят урановые минералы из зоны окисления. Поэтому во влажном климате вторичные минералы в коре выветривания не образуются, а выносятся водами в озера, моря и т.п. Имеются месторождения, где первичные минералы не вскрыты и вся добыча базируется на вторичных рудах /47/. Южно-Африканский пояс выделяется осадочным или гидротермальным характером месторождения, в то время как в остальных преобладают либо пегматитовые, либо метаморфогенные /42/. Все это позволяет предполагать, что процесс усиленного облучения ископаемых предков был относительно кратковременным.

Видимо, резкое повышение местного фона радиации, обусловленное интенсивными тектоническими перемещениями, разломами земной коры в Восточной и Южной Африке и усиленным вулканизмом, относительно быстро уравновесилось с общим фоном Земли. А это также имеет определенное значение, так как одноразовое облучение в определенной дозе вызывает всегда больший эффект, чем фракционирование той же дозы. В первую очередь поражаются гипофиз, надпочечники и половые железы, изменяется обмен. В первые же минуты поражения влияние облучения проявляется на центральной нервной системе /54/.

Все отмеченное выше позволяет высказать в порядке поисковой гипотезы следующее: видимо, в плиоцене вся территория Африки еще была заселена более или менее равномерно родственными гоминоидами. Бурные тектонические процессы неогена, активный вулканизм, интенсивный процесс горообразования и общего поднятия материка, землетрясений и разломов земной коры привели к обнажению урановых руд и повышению местного фона радиации в Восточной и Южной Африке. Повышенный фон радиации вызвал у обитавших там гоминоидов крупные мутации, в результате которых появились прямоходящие предки человека. Сохранение в неизменном виде с того времени и до настоящего периода антропоидов в Западной и Экваториальной Африке, видимо, объясняется отсутствием там естественных факторов, которые могли бы вызвать столь же крупные мутации. Последнее, возможно, связано с отсутствием в Западной и Экваториальной Африке таких же крупных урановых месторождений.

Нельзя не отметить, что начало антропогенеза совпадает со своеобразной вспышкой формообразования по всей планете. Например А.Л.Чепалыгой /55/ отмечены резкие изменения видообразования у моллюсков совпадающие по времени с началом антропогенеза. Вполне возможно, что помимо локальных причин, обусловивших повышение местного фона радиации действовали общепланетарные факторы, вызвавшие вспышку новообразования видов и усилившие воздействие местных факторов.

Антропогенез и геомагнитные инверсии

Многие авторы отмечают совпадение границ биозон с магнитными инверсиями земного поля /56,57/.

В шкале, разработанной в последние годы А.Коксом, Р.Доеллом и Б.Далримплем /58,59/ на основе радиологического возраста и палеомагнитных характеристик, определявшихся по одним и тем же образцам эффузивных пород на протяжении последних четырех с половиною миллионов лет выделяются четыре крупные эпохи различной намагниченности (рис.2): Брюнес (прямая)0-0,69 млн. лет, Матуяма (обратная) 0,69-2,43 млн.лет, Гаусс (прямая) 2,43-3,32 млн. лет и Гильберт (обратная) 3,32-4,45 млн.лет. Самые ранние находки ископаемых гоминидов

падают на вторую половину и конец эпохи Гаусса. В эпохе Гаусса выделяются два эпизода, направление геомагнитного поля которых противоположно геомагнитному полю эпохи: эпизод Маммута 3,06-2,94 млн. лет и Каена - 2,9-2,8 млн. лет. Иными словами, - на коротком промежутке времени с 3,06 млн. лет по 2,8 млн. лет назад не менее четырех раз менялась полярность геомагнитного поля. Широкая проверка шкалы Кокса, проведенная на территории Европейской части СССР и Средней Азии /60, 61/, Исландии, Камчатке, Японии, Сев.Америке и другим территориям /57/ показала, что эти эпизоды имеют общепланетарное значение и отмечаются во всех отложениях различных материков примерно в одно и то же время.

Расчеты Блека /62/, Гаррисона /63/ Хейса /64/ и др. показывают, что уровень прироста ионизирующей радиации в период геомагнитных инверсий составляет 60%, т.е. если исходит из современного общепланетарного уровня радиации, то каждый раз прирост радиации превышал IO рад, т.е. каждый раз количество мутаций в зародышевых клетках гоминоидов могло удваиваться. При повышенном уровне местного фона радиации и крупных мутациях это могло иметь весьма значительный эффект. Расчеты того же Блэка показывают, что и сейчас вклад ионизирующего излучения в естественную скорость мутаций для человека составляет I2%.

Подсчитано, что спад интенсивности магнитного поля в период каждой инверсии длится до 5 тыс. лет. Предполагается, что в период инверсии дипольная составляющего поля равна нулю и остаются только гармоники высшего порядка /64,65,66/. За четыре инверсии в период с 3,06 до 2,8 млн. лет в течение десятков тысяч лет магнитное поле Земли было либо ослабленным, либо нулевым. Этого срока вполне достаточно для того, чтобы результаты мутаций закрепились и появились изменения в организме гоминидов, живших в условиях хронического облучения, чтобы появились особые системы генотипов, приспособленные к жизни в таких условиях локальной среды. Не исключено, что решающую роль сыграла глобальная инверсия на рубеже эпох Гаусса и Матуямы.

Следует иметь ввиду, что ослабление геомагнитного поля (ОМП) само по себе играет важную роль в условиях повышенного

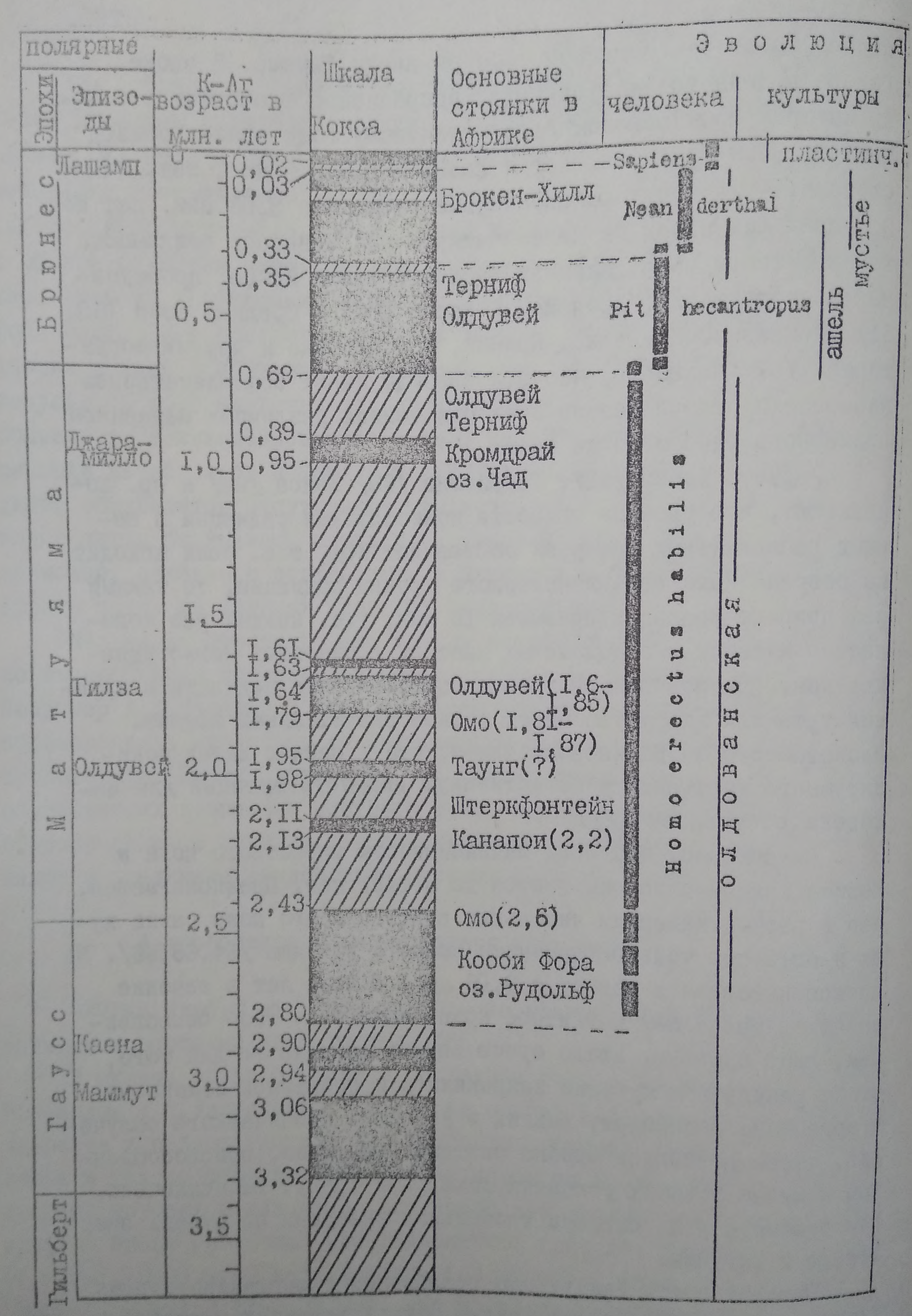


Рис.2. Схема соотношения эволюции человека и его культуры с палеомагнитными эпохами /58/,/44/,/71/,/24/.

уровня ионизирующей радиации. Эксперименты показывают, что при выдерживании группы животных по два часа ежедневно в течение десяти дней под магнитом в 650 гаусс, последующее облучение не давало летальности, тогда как без выдерживания под магнитом смертность составляла - 55%. Выдерживание в том же магнитном поле после облучения, сокращало летальность до 17% /67/. Установлено, что ОМП вызывает биологическую реакцию всех растений и животных. Мыши, помещенные в ОМП теряли волосы, у них нарушалась деятельность печени, почек, половых органов, увеличивалась смертность. У человека в ОМП нарушалось зрение и т.п. Причем на эмбрионы и развивающийся организм магнитное поле действует сильнее, чем на взрослые особи /68/.

Влияние колебаний магнитного поля Земли на изменение физического типа древнего населения прослежено П.В.Василик на Украине /69/ и др. Совпадение времени существования типов ископаемого человека с определенными полярными эпохами и эпизодами позволяет предполагать, что и в последующее время крупные инверсии вызывали определенные мутации у человека. Видимо, не случайно, что время жизни Homo habilis совпадает с эпохой Матуямы, а период существования архантропов совпадает с первой половиной эпохи Брюнеса, а эпоха палеоантропов совпадает со вторым периодом прямой намагниченности эпохи Брюнеса, появление Homo sapiens близко по времени полярному эпизоду Лашамп (рис.2).

Изложенное выше, позволяет схематично так реконструировать процесс антропогенеза: совпадение вулканической активности, усиленной сейсмичности, крупных подвижек земной коры, поднятие Африканского материка привело к обнажению крупных месторождений урановых руд и создало в Восточной и Южной Африке зону повышенной радиации. Совпадение этого процесса с геомагнитными инверсиями, усилившими общепланетарный фон ионизирующего излучения и ослабление геомагнитного поля привело к появлению крупной мутации у гоминидов, обитавших в Восточной и Южной Африке. За десятки тысяч лет инверсий хроническое действие всех отмеченных факторов привело к появлению нового вида гоминид, которые в результате крупных мутаций настолько изменились анатомически, что уже не могли суще-

ствовать за счет животных способов добычи средств для существования и были вынуждены перейти к систематическому применению орудий и их изготовлению. Уменьшение зубов, лица, грациальность - ослабление мускулатуры, прямохождение - все это, видимо, и является свидетельствами изменения физиологических наследственных свойств гоминидов в результате крупных мутаций. Мутирующим гоминидам был единственный путь для сохранения своего вида от гибели - общественно-трудовая деятельность. Увеличение объема вместимости черепа позволило осознать это и успешно развиваться в этом направлении.

Литература

I. Дубинин Н.П. Журнал общей биологии, XXXIУ, № I, I973.
2. Дубинин Н.П. Вопросы философии № I0, I972.
3. Chance M.R.A., C.J.Jolly. Social groups of monkeys, apes and men. London, 1970.
4. Christian J.J. Science, 1970.
5. Itoni J., A.Suzuki. Primates, 8, 1967.
6. Reyholds V. Man (N.S.) I, 1966.
7. Jolly C.J. Man (N.S.), 1970.
8. Reynolds Vernon, The apes: the gorilla, chimpanzee, orang-utan, and gibbon-theyre history. London Cassel, 1968.
9. Struhsaker T.T., P.Hunkeler Folia Primat, 15, 1971.
10. Sugiuma V. Primates, 1, 1968.
11. Reynolds V., F.Reynolds. In Primate behavior, ed, De Vore, New York, 1965.
12. Bartholomew G.A., Birdsele J.B. Am. Anthrop. 55, 1953.
13. Tobias P.V. The brain in hominid evolution. New York, 1971.
14. Robinson J.T. The origin and adaptive radiation of the australopithecines. In evolution and hominisation, ed. Y Kurth Stutgard, 1968.
15. Wolpoff M.H. Man (N.S.) 6, 1971.
16. Mann A., Man, New Series, 7, N 3, 1972.
17. Mann A.E. The paleodemography of Australopithecus. Thesis. University of California, 1968.
17.

18. Kroeber A.L., C.Kluckhohn. Pap.Peabody Mus.Archaeol. Ethnol. 47, 1952.
19. Goodenough W.H. Culture, language and society (Mecaled Module in Anthrop.) 1971.
20. Hollway R.L. Current Anthrop. 10, 1969.
21. Урысон М.И. Симпозиум "Первобытный человек, его материальная культура,и природная среда в плейстоцене и голоцене (палеолит и неолит)", М., I973.
22. L.S.B.Leakey. Stone Age cultures of Kenya Cocony. London,1971.
23. L.S.B.Leakey. The origin of the Genus Homo, The Evolution of Man, 1961.
24. Maitland A. Edey, The Emergence of Man The Missing Link, New York, 1972.
25. Dart R. Adventures with the missing link, New York,1959.
26. Broom R., J.T.Robinson and G.W.H.Schepers. Strekfontein Apl-man, Plesiathropus Pretoria, 1950.
27. Broom R., and J.T.Robinson, Swartkrans Ape-man, Paranthropus crassidens Pretoria, 1952.
28. Broom R. and J.T.Robinson. American Physicol anthrop. n.s.VIII, 1950.
29. Broom R., and G.W.H.Schepers. The South African Fossil Apemen. The Australopithecinal. Pretoria, 1946.
30. Napier J.R., P.H.Napier, A handbook of living primates. London, 1967.
31. Иванова И.К. Геологический возраст ископаемого человека. М., I965.
32. Рогинский Я.Я. "Ископаемые гоминиды и происхождение человека", М., I966.
33. Якимов В.П. Австралопитековые, ископаемые гоминиды и происхождение человека, М., I966.
34. Sarich V.M. In Background for man, (eds) P.Dolhinow, V.M.Sarich. Boston, 1971.
35. Goodman M. In Glassification and human evolution (ed.) S.L. Washburn. Chicago, 1963.

37. Klausdieter Bauer. Humangenetic, H.3, Berlin, 1973.

38. Данчев В.И., Лапинская А. Месторождения радиоактивного сырья. М., 1965.

39. Данчев В.И. и др. Образование экзогенных месторождений урана и методы их изучения. М., 1966.

40. Домаров В.С. Геология урановых месторождений капиталистических стран. М., 1956.

41. Хейндик Э. Минералогия и геология радиоактивного минерального сырья. М., 1972.

42. Константинов М.М., Куликова Е.Я. Урановые провинции. М., 1960.

43. Геология атомных сырьевых материалов. М., 1956.

44. Clark, Joho Desmond. The prehistory of Africa. London, 1970.

45. Мелков В.Г., Цухальский Л.Ч. Поиски месторождений урана. М., 1957.

46. Эйзебайд М. Радиоактивность внешней среды. М., Атомиздат, 1967.

47. Дубинин Н.П. Эволюция популяций и радиаций. М., 1966.

48. Дубинин Н.П. Молекулярная генетика и действие излучения на наследственность. М., 1963.

49. Дубинин Н.П. Доклады АН СССР, 1958, 122, № 4.

50. Бочаров Ю.С., Бочарова Е.В., Михеева Г.А. Радиационная генетика. М., 1962.

51. Котляр В.И., Фаворская М.А. Вопросы вулканизма. Тр. всес. вулкан. совещ., М., 1962.

52. Войнович Г.Н. Радиоактивность в истории земли. М., 1970.

53. Ядерная геология. М., 1965.

54. Черкасова А.С. и др. Ионизирующее излучение и обмен веществ. Минск, 1962.

55. Чепалыга А.Л. Антропогеновые пресноводные моллюски юга Русской равнины и их стратиграфическое значение. Тр.ГИН, вып.166, 1967.

56. Зудин А.Н., Поспелова Г.А., Сакс В.Н. Геология и геофизика № 8, 1969.

57. Меннер В.В., Никифорова К.В., Повзнер М.А., Алексеев М.Н. Гладенков Ю.Б., Гурарий Г.З., Трубихин В.М. Известия АН СССР, серия геологич. № 6, 1972.

58. Cox A., Dalrymple G. Sci, Lett., 3, N 2, 1867.
59. Cox A. Science. 163, N 3864, 1969,
60. Храмов А.Н. Тр. ВНИГРИ, вып.I04,I963.
61. Певзнер М.А., Чепалыга А.Л. ДАН СССР,I94, № I, I970.
62. Black D.J. Earth. Planet.Sci. Lett. 3, N 3, 1967.
63. Harrison C.G. Nature, 217, N 5123, 1968.
64. Hays J.D. Science, 158, N 3804, 1967.
65. Нагатова Т. Магнетизм горных пород. М., I965.
66. Петрова Г.Н., Капорович И.Г., Макарова З.В., Рыбаков Р.С. Настоящее и прошлое магнитного поля Земли. М.,I965.
67. Абдулаева М.Д., Жданов С.М. В сб. Влияние магнитных полей на живые организмы. Баку, I972.
68. Холодов Ю.А. Проблемы космической биологии, ХУШ, I973.
69. Василик П.В. В сб. Влияние искусственных магнитных полей на живые организмы. Баку, I972.
70. Апродов В.А. Неотектоника, вулканические провинции и великие сейсмические пояса мира. Изд. МГУ, I965.
7I. F.Bordes. The Old Stone Age, New York, Toronto,1968.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРАГНИЗМОВ"

УДК 550.86. 551.3.051. 550.838.6

М.Н.СОЛОВЬЕВА
Геологический институт АН СССР

К ПРОБЛЕМЕ СВЯЗИ ЦИКЛИЧНОСТИ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ И ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА (НА ПРИМЕРЕ ФОРАМИНИФЕР)

Введение

Уже к ХУШ веку относятся первые попытки использования этапов (циклов) развития Земли для целей практической геологии, причем, периодизация геологической истории носит двойственный характер, основываясь то на рассмотрении истории развития геосферы, то на рассмотрении истории развития органического мира. Этот дуализм, в известной мере, в наши дни получает свое отражение в дискуссиях по соотношению лито- био- и хроностратиграфических подразделений, в обсуждениях проблемы примата при периодизации геологической истории, и в противопоставлении биостратиграфии и циклостратиграфии.

Долгое время считалось, что в основу периодизации геологической истории должен быть положен принцип диастрофизма, которому отводилась роль определяющего фактора в эволюционном процессе. Некоторые исследователи и теперь считают, что с моментами проявления фаз диастрофизма связаны кардинальные изменения в составе фаун и флор во все эпохи существования Земли.

Очевидно, что сторонники этой концепции прямого отражения фаз диастрофизма в ходе эволюционных преобразований исходят из представлений об адекватности и синхронности эволюционных преобразований преобразованиям среды обитания.

Однако в оценке характера связи тектонического развития с эволюционным развитием существуют и диаметрально противоположные точки зрения. Ряд исследователей либо совершенно отрицает всякую связь между этими явлениями (Шиндевольф, Купер), а другие (Бубнов) связь тектонического развития Земли и эволюционного развития организмов представляют в весьма сложном виде.

Сам процесс тектонического развития, его особенности, периодичность и причины, принадлежит к классу фундаментальных проблем, разрабатываемых современной геологией.

В последние десятилетия при объяснении причин тектонической цикличности все большее значение отводится космическому фактору (С.Н.Бубнов, Г.Ф.Лунгерсгаузен, А.В.Шнитников, Р.Г.Тамразян и другие).

Уже намечены связи тектонической цикличности с циклами состояний Солнца, с цикличными изменениями наклона оси эклиптики, ритмами возмущения планет. Открыто существование связи между изменениями радиации и гравитационного и магнитного потенциала Земли при перемещении солнечной системы вокруг галактического ядра. При этом наблюдается закономерное уменьшение величины галактического года по мере приближения к антропогеновой эпохе /2/.

Разномасштабность циклов в пределах галактического года определяется моментами фаз орогенеза, проявление которых связано с моментами пересечения Землей плоскости Галактики. Несомненно, что перечисленные факторы оказывают свое воздействие на ход эволюционного процесса, и очевидно, каждый из этих факторов заслуживал бы самостоятельного исследования в связи с его влиянием на развитие биосферы. Темой предлагаемого сообщения является рассмотрение лишь связи цикличности развития Земли с характером эволюционного процесса.

Вообще, рассмотрение связи хода эволюционного процесса с тектоническим развитием Земли предпринималось многими исследователями среди которых назовем Г.Дувийе, И.Шухерта, И.Вальтера, О. Шиндевольфа, С.Н.Бубнова, Б.Н.Личкова, А.П. Павлова, Д.Н.Соболева, Ч.Маршалла, В.В.Меннера, В.Е.Руженцева, Е.А.Иванову, А.и Г. Термье, Уэстолла, Ньюэла, Хенбеста. Следует отметить, что в развитии органического мира морских

бассейнов прошлого на примере фораминифер можно наметить две категории явлений, первая из которых выражена периодическими изменениями численности популяций и спецификой формообразования, заключающегося, на наш взгляд, в преимущественном развитии модификационных изменений, а вторая — периодическими изменениями (этапами) направлений эволюционного процесса, и, на наш взгляд, в первую очередь периодическими изменениями темпов эволюционного процесса /27/ и отражает изменения генной структуры. Впервые на этапность указал Ламарк в работе "Анализ сознательной деятельности человека", где было сказано: "Сравнительно со сроками, принимаемыми нами за большие в наших обычных исчислениях, без сомнения нужно было огромное время и немало этапов в ходе вещей, чтобы дать возможность природе привести животную организацию на ту ступень сложности развития, которую она занимает в самых современных животных".

Впоследствии этапность (фазовость) в развитии организмов была подмечена Гайэттом, Р.Беллини, Н.И.Андрусовым, К. Беирленом, И.Вальтером, О.Шиндевольфом, Д.Н.Соболевым, В.П. Колесниковым (табл.I).

Этапность в развитии различных групп фораминифер рассматривалась в работах А.В.Фурсенко /29,30/, Д.М.Раузер-Черноусовой /I3,I4,I5/, А.Д.Миклухо-Маклая, Д.М.Раузер-Черноусовой, С.Е.Розовской /II/, Р.А.Ганелиной /4/, Н.П.Малаховой /I0/, Е.А.Рейтлингер /I7,I8,I9,20,2I,22/, М.В.Вдовенко /3/, О.А.Липиной /7,8/, М.Н.Соловьевой /27/.

Следует отметить, что, к сожалению, зачастую в литературе происходит смешение этих понятий этапности и периодичности, а также использование слова этап в качестве понятия эквивалентного интервалу возраста.

Феномен асинхронности

При определении связи циклов развития Земли и этапов развития фораминифер существует спектр представлений, укладывающихся в рамки от мнения о совпадении рубежей этапов в развитии фораминифер "... с границами крупных этапов геологической истории " (Рейтлингер, I963, стр.43) до установления асинхрон-

ности моментов крупных изменений в составе фауны и моментов тектонических проявлений /5,6, 10,26,27/.

Этот вывод, как нам кажется, имеет принципиальное значение для решения проблемы соотношения тектоноциклов с ходом эволюционного процесса.

Рассмотрим систему доказательств феномена асинхронности.

Как известно, одним из общих выражений цикличности в развитии Земли является чередование более или менее длительных эпох медленного развития и более быстрого процесса перестройки структурного плана. В палеозое Тянь-Шаня (табл.2) намечается выделение шести седиментационных циклов. Выделение их обосновывается рассмотрением внутри каждого из них трех групп фаций (грубообломочных, флишоидных, карбонатов), некоторыми особенностями седиментации (распределение сингетичного кремнеобразования).

При рассмотрении истории развития Тянь-Шаня устанавливается закономерность, заключающаяся в том, что смена циклов во времени происходит во вторых половинах веков. Более того, пограничные части отделов и систем (с силура до перми включительно) принадлежат, как правило одним циклам осадконакопления.

Для Тянь-Шаня, в частности, устанавливается непрерывный разрез силура и девона, имеющего постепенные переходы и тесно связанного по комплексам фауны и литологическим особенностям. Такой характер границы в Тянь-Шане, как и в ряде других областей (герциниды Европы и др.) объясняет отсутствие единой точки зрения на границу силурийской и девонской систем. В Тянь-Шане обсуждение этой проблемы связано с решением вопроса о возрасте так называемых манакских слоев. Момент тектонической стабилизации в разрезах девона Тянь-Шаня выражен развитием карбонатных эйфельских отложений. Со второй половины эйфельского века в Тянь-Шане отмечается значительное уменьшение площадей седиментации, вследствие развития восходящих движений завершившихся позже развитием движений противоположного знака, и приведших к широкой трансгрессии позднеживетского моря. Трансгрессивное залегание живетских отложений проявляется почти во всех структурных зонах Тянь-Шаня.

Таблица 1

ГАЙЭТТ (1895) История типа	Р. БЕЛЛАМИ (1905)	Н. И. АНДРУСОВ (1897)	К. БЕЙРЛЕН (1932)	И. ВАЛЬТЕР (1927)	О. ШИНДЕВОЛЬФ (1937)	Д. Н. СОБОЛЕВ	В. П. КОЛЕСНИКОВ (1947, 1948)
	IV фаза - неоморфная или фаза регресса					IV фаза - превращения (Полуцикл инволюции)	
III стадия - Катаплазис (стадия упадка, дегенерации)	III фаза - мезоморфная или фаза совершенства	III эпоха упадка	III фаза угасания, учащаются индивидуальные аномалии, нередки патологии	III Угасание		III фаза молодения или обратного развития (Полуцикл инволюции)	III стадия - быстрое вымирание форм развившихся во II стадии, переживание примитивных первое появление новых групп
II стадия - Метаплазис (стадия расцвета, совпадает с сильной изменчивостью, многочисленностью особей)	II фаза - палеоморфная или фаза прогресса	II эпоха расцвета	II фаза направленного ортогенетического постепенного развития	II Расцвет Умеренное усложнение, расхождение признаков и дифференциация форм Умеренная специализация Разнообразие форм и массовое появление	II фаза - непрерывного, постепенного и ортогенетического развития	II фаза стабилизации (Полуцикл эволюции)	II стадия - пышной адаптивной радиации, быстрое расселение
I стадия - Анаплазис (стадия возрождения)	I фаза - фаза антеморфная - (фаза возникновения) обособление от более древних	I эпоха умеренного развития форм	I начальная фаза со взрывом формообразования	I фаза Появление (примитивность строения, наличие собирательных типов и т. д.)	I фаза - взрывы "эксплозивного" возникновения типов	I фаза - биогенеза собственно рост (Полуцикл эволюции)	I стадия - медленного постепенного изменения форм

ГЛАВНЕЙШИЕ СХЕМЫ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМОВ

Дополним, что трансгрессивное залегание отложений живетского яруса отмечается и в Волго-Уральской области, в области Главного Девонского поля, в центральных и восточных областях Русской платформы, на Урале, где с этой поверхностью связано образование промышленных месторождений бокситов, а также в Алтае-Саянской области и многих других (Китай, Казахстан, Дальний Восток, Америка и т.д.).

Таблица 2

СХЕМА
ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНСКОЙ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ В ПАЛЕОЗОЕ

Абсолютный возраст (млн. л)	Эра	Период	Век	Циклы осадконакопления	Грубообломочн. отложения	Флишоидные отложения	Известняки	Сингенетичное кремнеобразование, не связанное с эффузив. деят.	Доломиты и гипсы	Стратиграфическое положение отложений спорного возраста
230	Палеозойская	Пермский								
240										
250										
260				Позднекасимовско-предпозднепермский						
270		Каменноугольный	Ассельский	VI						Швагериновый горизонт
280			Гжельский							
290			Касимовский							Араванские слои
300			Московский	V Позднемосковско-предпозднекасимовский						
310			Башкирский	IV Позднебашкирско-предпозднемосковский						
			Намюрский	III Поздневизейско-предпозднебашкирский						Газские слои
320			Визейский							
330				Позднеживетско-предпозднвизейский						
340			Турнейский							
350		Девонский	Фаменский	II						Этрень
360			Франский							
370			Живетский							
380			Эйфельский							
390			Кобленцский	I Позднесилурийско-предпозднеживетский						
400			Жединский							Манакские слои
410		Готландский	Лудловский	?						
420										

С началом живетского века завершается предыдущий, и начинается новый цикл развития Земли, что находит свое отражение и в истории магматизма и эффузивного вулканизма /I,9,25/.

В позднеживетское время отлагаются преимущественно карбонатные осадки с космополитной фауной Stringocephalus burtini Defr. Эти отложения тесно связаны с верхнедевонскими, хотя и отмечается в позднем девоне некоторое сокращение областей осадконакопления. Отложения верхнего девона тесно связаны с отложениями нижнего карбона. Такая тесная связь по фауне и по фациям верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложений вызвала дискуссию о положении нижней границы каменноугольной системы. В Тянь-Шане этот вопрос связан с решением вопроса о возрастной принадлежности аналогов зоны этрень. В Тянь-Шане на отрезок времени от позднего фамена до раннего визе приходится момент относительной стабилизации тектонического режима, на что могут указывать значительные по мощности отложения известняков с кремнями.

Следующий максимум тектонических усилий приходится в Тянь-Шане на поздневизейское время, когда предпоздневизейские движения положительного знака сменились опусканиями, приведшими к широкой трансгрессии позднего визе. Верхневизейские отложения, охарактеризованные космополитной фауной Productus striatus, почти повсюду залегают трансгрессивно.

Рассмотрение материалов и по другим областям показывает наличие внутривизейских перерывов в Тариме, Казахстане, Южном и Среднем Урале, Русской платформе, Японии, Америке. В Тянь-Шане отложения верхнего визе по фаунистическим комплексам и литологическим особенностям очень тесно связаны с отложениями намюрского яруса. Такая связь визе и намюра отмечается не только в Тянь-Шане, и такая преемственность вызвала дискуссию об объеме и границах намюрского яруса, его праве на самостоятельность, проблему его разделения на две части, принадлежащих разным отделам каменноугольной системы.

В Тянь-Шане седиментационный цикл, начинающийся в позднем визе, охватывает отрезок времени до раннебашкирского века включительно. С началом его связана иногда кратковременная эпоха накопления грубообломочных отложений, сменяющихся

затем флишоидными и карбонатными. Показательно развитие в средней части этого цикла прослоев и желваков кремней. С рассматриваемым циклом связано развитие таких зон широкого распространения как Productus striatus, Eostaffella - Millerella, Pseudostaffella antiqua /26/. В Тянь-Шане с рассматриваемым циклом связаны так называемые газские слои (свита) известняков с кремнями, возрастная принадлежность которых, ввиду смешанного состава фауны, является предметом обсуждения.

Если мы вообще обратимся к рассмотрению развития различных групп в пределах поздневизейско- позднебашкирского цикла, то повсеместно отмечается тесная связь фораминиферовых комплексов визе и нижнего намюра. Новые элементы появляются лишь в намюре В. Как нам представляется /26/, наличием предпоздневизейского перерыва в осадконакоплении можно объяснить факт чрезвычайной близости европейских фаун во время Productus sublaevis, а также в более позднее время (подзона D_2 и начало D_3 по схеме стандартного разреза Англии).

В подзоне D_1 (в середине визейского времени) нет такого единства (отсутствие брахиоподовых фаций в зоне Seminula, наличие эндемичных фаун ряда регионов).

Однако в позднем визе, опять факт повсеместного развития зоны Productus striatus, кстати индекс-вид зоны переходит и в намюр А. Эти данные, на наш взгляд, убедительно свидетельствуют в пользу доказательства широких зоогеографических связей в поздневизейское и ранненамюрское время. Следует особо задержаться на повсеместно устанавливаемом положении, что по фауне брахиопод верхняя граница визейского яруса не может быть намечена четко. По ряду работ, посвященных стратиграфии и брахиоподам стратотипа намюра А, в свите Шокье на границе визе и намюра А не вымирает ни один род брахиопод и ни один род не появляется на этой границе /24/.

В стандартных разрезах намюра Бельгии, как и в Северной Франции, и Англии, и на Русской платформе, начало нового этапа в развитии брахиопод не отвечает границе между визе и намюром /24/. Перечень областей мы могли-бы дополнить такими регионами, как Донбасс, Урал, Казахстан, Средняя Азия, Алтае-Саянская горная область.

Следующий позднебашкирско-предпозднемосковский цикл характеризуется трансгрессивным залеганием верхнебашкирских и, вследствие медленного разрастания трансгрессии, ранне-московских отложений. Осадки этого цикла представлены грубообломочными отложениями начальных фаз цикла, сменяющихся флишоидными и карбонатными отложениями. Для всего цикла характерно весьма резкое сокращение площадей карбонатного осадконакопления. В Тянь-Шане верхнебашкирские отложения, за очень редкими исключениями, залегают трансгрессивно на более древних. Анализ данных по другим областям также выявляет необычайно широкую трансгрессию этого времени. С началом каширского времени в Средней Азии связана некоторая стабилизация тектонического режима, что выражается широким развитием известняков с включением кремней. Сопоставление отложений каширского горизонта Русской платформы и его аналогов в других областях легко осуществимо, т.к. это время широких зоогеографических связей, осуществлявшихся в момент максимума каширской трансгрессии, с чем, в частности, и связано широкое развитие зоны Aljutovella priscoidea /26/.

Следующий позднемосковско — предпозднекасимовский цикл, является завершающим каменноугольный этап развития в Тянь-Шанской геосинклинальной области.

Отложения позднемосковского века в Тянь-Шане почти повсеместно залегают с глубоким размывом и базальными конгломератами в основании. Размыв в основании верхнемосковских отложений в Туркестано-Алтайской, Ферганo-Кокшаальской, Кураминской структурных зонах Тянь-Шаня. Отложения начальных фаз рассматриваемого цикла представлены грубообломочными отложениями (Кунякульские конгломераты и их аналоги), а отложения последующих — флишоидными при крайне незначительном развитии известняков.

Предверхнемосковский перерыв четко фиксируется и вне Средней Азии - на Китайской платформе, Урале, Казахстане, Русской платформе. С рассматриваемым циклом связано широкое развитие зоны Fusulinella bocki, Fusulina cylindrica /26/. Позднемосковские отложения тесно связаны с раннекасимовскими, принадлежа к единому циклу. Не случаен и вопрос о возрасте пограничных отложений, которым в Тянь-Шане отвечают араванские слои. Преемственность фауны на границе среднего и позд-

него карбона общеизвестна, и именно вследствии этого стоит проблема определения границы среднего и верхнего карбона в Донбассе, Испании, где вновь выделенный кантабрийский ярус оказался разновозрастным, принадлежа в нижней части разреза среднему, а в верхней – позднему карбону /35/.

В следующем, позднекасимовско – предпозднепермском седиментационном цикле, также фиксируется развитие грубообломочных отложений в начальных фазах цикла /28/.

В рассматриваемом цикле с моментом относительной стабилизации тектонического режима связана кратковременная эпоха широких зоогеографических связей и развитие космополитной швагериновой фауны и широкое развитие более поздней (артинской) зоны Pseudofusulina vulgaris.

Подводя итог сказанному, можно сделать вывод о том, что в Тянь-Шане начало седиментационных циклов, совпадающее с фазами значительных перестроек физико-географических обстановок не совпадает с границами систем, отделов и ярусов, а проходит внутри их. Фаунистические комплексы обнаруживают тенденцию к обновлению и не связаны с моментами фаз тектонических перестроек, а предваряют их. При этом, оптимальные условия для расцвета фауны соответствуют моментам стабилизаций тектонических режимов, и, таким образом, моменты коренных изменений в составе фаунистических сообществ оказываются связанными со срединными частями седиментационных циклов.

При этом устанавливается, что в начальные моменты циклов седиментации происходит лишь незначительная перестройка структур сообществ за счет вымирания ограниченного числа групп, которые, в силу экологической стабильности при утрате своего биотопа, не могут приспособиться к новым условиям и создают ложное впечатление существенного обновления комплексов с момента начала нового цикла, с момента начала трансгрессии. В тоже время любой временной уровень внутри цикла седиментации показывает (на фоне непрерывных эволюционных преобразований) значительные изменения популяций как по их численности и распределению отдельных компонентов внутри цикла /13,16/, так и по характеру модификационных изменений.

Темпы эволюции

Феномен асинхронности в эволюционно-генетическом аспекте подтверждается и на примере рассмотрения развития фораминифер надсемейства Fusulinacea. Как известно, в настоящее время еще редки попытки определения абсолютных скоростей эволюционного процесса /32,33,34/. Во всех перечисленных примерах эта задача решалась применительно к мезо-кайнозойским фораминиферам. Для палеозоя существует единственная попытка определения абсолютных скоростей эволюционного процесса /27/. Эта попытка заслуживает рассмотрения в связи с тем, что на основании рассмотрения динамики эволюционного процесса ставится под сомнение постулат об адекватности и синхронности фаз эволюционного процесса и тектоногенеза и, в конечном счете, адекватности скорости палеогеографических перемен и темпов эволюции. Кстати заметим, что вся практика микропалеонтологии, связанная с осуществлением межконтинентальной, а иногда и глобальной корреляции убедительно опровергает последний тезис. В самом деле, если стать на точку зрения сторонников концепции прямой зависимости скорости эволюции от скорости палеогеографических перемен, то признавая справедливым дифференцированный ход развития палеогеографической обстановки мы должны признать и различия в скоростях палеогеографических перемен отдельных регионов, а отсюда и различную скорость эволюционных преобразований, ведущую к появлению на синхронных уровнях различных регионов, различно продвинутой в эволюционном отношении фауны. Иными словами, можно ожидать, что определяющий признак верхнекаменноугольных фузулинацей, например, альвеолярность стенок, может где-то, в условиях быстрых смен режимов, проявиться уже в конце раннего или в среднем карбоне и т.д.

Подобное допущение, ввиду его абсурдности, не заслуживало бы рассмотрения, если бы не вело к дискредитации методики биостратиграфических корреляций.

С другой стороны, рассмотрение динамики эволюционного процесса во времени, дает возможность установления, как нам представляется, одного из важных законов эволюционного раз-

вития, заключающегося в периодическом изменении скоростей эволюционного процесса, в периодической смене этапов замедленной и ускоренной эволюции (табл.3).

За основу временной шкалы нами взята шкала, предложенная на симпозиуме, посвященном проф.Артуру Холмсу /35/. В сравнении с другими шкалами в ней содержатся датировки даже ярусов. Датировки даны, в основном, по данным K-Ar метода при $\lambda_K = 0,585 \cdot 10^{-10}$ лет.

Взятая в качестве основы филогенетическая схема отряда Fusulinida принадлежит А.Д.Миклухо-Маклаю, Д.М.Раузер-Черноусовой, С.Е.Розовской /II,I2/. Также учитывались и результаты последнего, нового пересмотра системы Fusulinida, предпринятого С.Е.Розовской /23/. На табл.3 для отрезка времени от 390 млн. лет до 250 млн. лет[ж)], по таким районам, как:Тянь-Шанская геосинклинальная область, Русская платформа, Североамериканская платформа, геосинклинальные области Внутренней и Внешней зон Японии,- в пределах возможностей, сделана временная привязка моментов наиболее определенных перерывов в осадконакоплении, при этом локальные перерывы обозначены линией меньшей протяженности, сравнительно с перерывами, прослеживаемыми на более широких площадях. В результате оказалось возможным наметить следующие крупные седиментационные циклы, являющиеся общими для названных выше областей: I - живетско-предпоздневизейский, П - поздневизейско-предпозднебашкирский, Ш - позднебашкирско-предпозднемосковский, IУ - позднемосковско-предпозднекасимовский, У - позднекасимовско-предпозднесакмарский и УI цикл, начало которого относится к позднесакмарскому времени, а окончание может относиться уже к раннему мезозою.

ж) Выбор интервала временной шкалы определялся моментами появления и исчезновения на Земле представителей Fusulinida.

Таблица 3

Схема развития некоторых семейств отряда Fusulinida

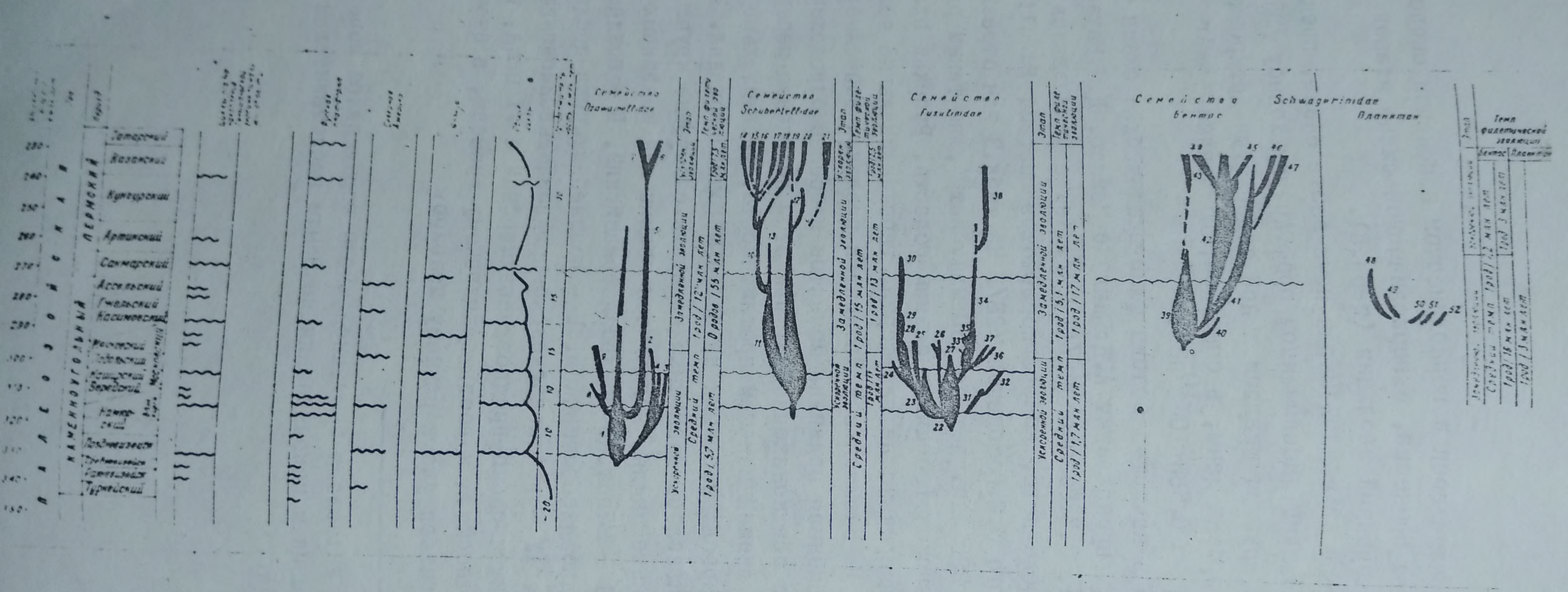


Табл.3 Схема развития некоторых семейств отряда Fusulinida

Условные обозначения

~~ - перерывы в осадконакоплении: 1 - Eostaffella; 2 - Millerella; 3 - Novella; 4 - Seminovella; 5 - Ozawainella; 6 - Reichelina; 7 - Rauserella; 8 - Pseudostaffella; 9 - Neostaffella; 10 - Boultonia; 11 - Fusiella; 12 - Toriyamaia; 13 - Schubertella; 14 - Dunbarula; 15 - Lantschichites; 16 - Manojaponella; 17 - Codonofusiella; 18 - Palaeofusulina; 19 - Gallowainella; 20 - Paradoxiella; 21 - Neofusulinella; 22 - Profusulinella; 23 - Aljutovella; 24 - Putrella; 25 - Hemifusulina; 26 - Waeriagella; 27 - Dagmarella; 28 - Fusulina; 29 - Quasifusulinoides; 30 - Quasifusulina; 31 - Verella; 32 - Eofusulina; 33 - Protriticites; 34 - Fusulinella; 35 - Obsoletus; 36 - Parawedekindellina; 37 - Wedekindellina; 38 - Yangehienia; 39 - Triticites; 40 - Daixina; 41 - Pseudofusulina; 42 - Parafusulina; 43 - Nipponitella; 44 - Polydiexodina; 45 - Monodiexodina; 46 - Nagatoella; 47 - Chusenella; 48 - Paraschwagerina; 49 - Schwagerina; 50 - Zellia; 51 - Pseudoschwagerina; 52 - Occidentoschwagerina.

Обычно, граничные моменты двух циклов бывают отмечены не только сменами режимов осадконакопления, но и фазами тектонических перестроек, зачастую сопровождающихся интрузивной и эффузивной деятельностью. Продолжительность циклов колеблется от 10-15 до 30 млн. лет.

Рассмотрение соотношений эволюционного развития и намеченных тектоно-седиментационных циклов целесообразно начать с семейства Ozawainellidae. Следует здесь же оговориться, в статье рассматривается ход филетической эволюции, понимаемой как скорость родообразования в пределах надсемейства Fusulinacea, скорость же морфологической эволюции, понимаемой автором как величина морфологических изменений за единицу времени из рассмотрения опускается.

Первое появление представителей семейства Ozawainellidae - рода Eostaffella отмечается в раннем визе (табл.3), будучи приуроченным как и р. Millerella к живет-

ско-предпоздневизейскому тектоно-седиментационному циклу. Эти роды, появление которых предваряет крупный перерыв (предпоздневизейский), пережив в начальные моменты своего проявления все "испытания", связанные с граничным временем двух циклов, продолжают развиваться и в следующем II цикле.

Следующий уровень, с которым связано появление таких родов, как: Pseudostaffella, Ozawainella, Seminovella, Novella — предваряет начало следующего цикла и предшествует предпозднебашкирскому перерыву в осадконакоплении.

На развитие рассмотренных родов, появившихся перед поздневизейским перерывом, и родов, появившихся перед позднебашкирским перерывом, моменты тектонических перестроек на границах тектоно-седиментационных циклов не оказали существенного влияния. Эти рода продолжали развитие соответственно в поздневизейское и позднебашкирское время.

Перерыв в осадконакоплении в предпозднемосковское время привел к гибели лишь экологически стабильные рода - Seminovella, Novella, Pseudonovella.

Вне связи с видимыми изменениями тектонического режима на рубеже среднего и позднего карбона исчезают Neostaffella и Millerella. Все изменения режима, происходившие во всю последующую историю существования родов Ozawainella и Eostaffella, не отразились на ходе филетической эволюции и лишь в поздней перми, после сравнительно кратковременной вспышки филетической эволюции, привели к полному вымиранию последних представителей семейства Ozawainellidae.

Особенности эволюционного процесса Fusulinida по этапам с различными скоростями эволюции освещались нами уже ранее /Соловьева, 27/. В рамках предлагаемой статьи остановимся на рассмотрении скоростей эволюционного процесса и динамики их изменений во времени.

Для Ozawainellidae в течение всей истории их существования намечается трехкратное изменение скорости филетической эволюции, выражающейся в первом этапе ускоренной эволюции (табл.3) величиной I род/5,7 млн. лет в этапе замедленной эволюции для периода в 55 млн.лет она равна нулю. Позднее вновь наступает ускорение темпа, и во втором этапе ускоренной эволюции эта величина равна I род/7,5 млн.лет.

Средний темп филетической эволюции семейства Ozawainellidae, продолжительность существования которого составляет около 110 млн. лет, равен 1 род/12 млн.лет.

Для следующего, рассмотренного нами семейства Schubertellidae первое появление представителей связывается с возникновением существенно нового морфологического типа фузулинид (с удлиненной осью навивания), фиксируется первое появление р.Schubertella в предпозднебашкирское время. Предпозднебашкирский перерыв и связанная с ним тектоническая фаза на границе двух тектоно-седиментационных циклов не оказали никакого существенного влияния на ход развития. Перед предпозднемосковским перерывом, произошло обособление рода Fusiella, а во время, предшествующее внутрипозднекарбоновому перерыву, обособление рода Boultonia. Все перестройки тектонического плана, выраженные сменой тектоноседиментационных циклов, не сказались на развитии филетических линий семейства. Несколько растянутое во времени появление ряда быстро достигших высокой специализации родов (Dunbarula, Lantschichites, Codonofusiella, Palaeofusulina, Gallowainella, Minojaponella и других), утративших пластичность вследствие высокого уровня специализации, привело к их гибели на критическом рубеже 225 млн.лет.

В развитии сем. Schubertellidae фиксируется трехкратное изменение скоростей эволюционного процесса. Для первого этапа ускоренной эволюции величина скоростей равна 1 род/11 млн.лет, для следующего за ним этапа замедленной эволюции она снижается до 1 род/15 млн.лет, возрастая во втором этапе ускоренной эволюции до 1 род/2,5 млн.лет. Средняя скорость филетической эволюции для семейства Schubertellidae, продолжительность существования которого около 90 млн.лет, составляет 1 род/15 млн.лет.

Значительный интерес представляет рассмотрение развития семейства Fusulinidae. Наиболее ранний, появившийся в прикамское время род Profusulinella, предваряет предпозднебашкирский перерыв, проявление которого связывается со сменой соответственных тектоно-седиментационных циклов.

Появление представителей таких родов, как: Verella, Eofusulina, Aljutovella, Dagmarella, Fusulina, Hemifusulina, Fusulinella, — относится к позднебашкирско – предпозднемосковскому

тектоно--седиментационному циклу. Причем появление таких родов, как: Fusulina, Hemifusulina, Fusulinella ,— непосредственно предшествует предпозднемосковскому перерыву в осадконакоплении и связанной с ним сменой соответственных тектоно-седиментационных циклов. Однако, этот перерыв в осадконакоплении привел к гибели лишь достигших высокой специализации Eofusulina. Вне связи с видимыми изменениями тектонического режима, в следующем позднемосковско-раннекасимовском цикле завершают свое существование представители рр. Parawedekinfellina, Wedekindellina, Hemifusulina, Putrella, Protriticites.

В развитии семейства Fusulinidae фиксируется двукратное изменение скоростей эволюционного процесса. Для этапа ускоренной эволюции величина скорости равна I род/I,7 млн. лет, для этапа замедленной- эта величина соответственно снижается до I род/I7 млн.лет. Средний темп филетической эволюции для всего семейства, продолжительность существования которого составляет около 80 млн.лет, равен I род/5,I млн.лет.

Нам остается рассмотреть развитие сем. Schwagerinidae.

Первое появление представителей этого семейства на рубеже среднего и позднего карбона является моментом появления качественно новой, биологически активной по своим приспособительным возможностям группы фораминифер. Введение в практику микропалеонтологических исследований /27/ расчета раковин фораминифер на плавучесть, сразу позволило выделить группы планктонных и бентосных фораминифер и высказаться в пользу гетерогенности швагериновой группы родов.

Наиболее ранние из появившихся в касимовское время представители семейства Schwagerinidae принадлежат рр. Triticites (S.lato), Daixina, появление которых предшествует перерыву в осадконакоплении и связанной с этим моментом сменой тектоно-седиментационных циклов. Однако оба появившихся рода продолжают свое развитие и в столь неблагоприятные моменты смены режимов.

На развитие родов Pseudofusulina и Parafusulina, появившихся в момент предшествующий раннепермскому перерыву в осадконакоплении, перемены в режиме осадконакопления также не оказали существенного влияния. Вне связи с видимыми

изменениями тектонического режима стоит и появление в конце развития Schwagerinidae таких родов, как: Nipponitella, Monodiexodina, Polydiexodina, Nagathoella и др. В истории развития Schwagerinidae фиксируется двухкратное изменение скоростей филетической эволюции. В первом этапе замедленной эволюции для бентоса характерна скорость, равная I род/I3 млн.лет, однако, в тот же отрезок времени для планктонной группы характерна высокая скорость филетической эволюции, равная I род/3 млн.лет. Эта же цифра характеризует скорость эволюционного процесса в этапе ускоренной эволюции бентосной группы. Средний темп филетической эволюции для семейства Schwagerinidae, продолжительность существования которого около 65 млн.лет, равен I род/7,2 млн.лет.

Таким образом, из проведенного рассмотрения сопоставления уровней появления новых родов в пределах четырех рассмотренных семейств фораминифер отряда Fusulinida с тектоно-седиментационными циклами очевиден вывод о несовпадении моментов появления таксонов и моментов смен тектоно-седиментационных циклов во времени. С моментами перестроек тектоно-седиментационных режимов не связано, как правило, появление новых родовых групп. Также не связано с ними (за исключением немногих экологически стабильных и утративших пластичность родов) вымирание и смена родовых группировок. Оптимальные условия для развития характеризуют срединные части тектоно-седиментационных циклов, где и происходит развитие новых прогрессивных элементов и вытеснение ими исчерпавших свои эволюционные возможности групп.

Палеомагнитизм и эволюция фораминифер

Скорость филетической эволюции имеет тенденцию к периодическим изменениям, однако моменты "переломов" скоростей филетической эволюции не контролируются тектоно-седиментационными факторами. В то же время, намечается определенная зависимость между изменениями величин скоростей эволюционного процесса и палеомагнитными инверсиями табл.4 . Как установлено А.Н.Храмовым, палеомагнитный разрез карбона и перми в СССР, характеризуется

Таблица 4

Схема соотношений палеомагнитных изменений в карбоне и перми и развития фораминифер

Геологические подразделения | Палеомагнитная зональность и сводный палеомагнитный разрез карбона и перми СССР по А.Н. Храмову (1967) | Характер развития семейств отряда Fusulinida

Пермский: Татарский, Казанский, Кунгурский, Артинский, Сакмарский, Ассельский

Каменноугольный: Гжельский, Касимовский, Мячковский, Подольский, Каширский, Верейский, Намюрский, Поздневизейский, Средневизейский, Ранневизейский, Турнейский

NR-Зона Иллаварра

R-Зона Киама

NR-Зона Дебальцевская

R-Зона Тиличинская

Семейство Ozawainellidae

Семейство Schubertellidae

Семейство Fusulinidae

Семейство Schwagerinidae: бентос, планктон

Темп филетической эволюции

Условные обозначения : – зона прямой намагниченности

– зона обратной намагниченности

1 – 53 – то же, что и в таблице 3.

преобладанием обратной намагниченности. Причем для СССР, по А.Н.Храмову, характерно существование знакопеременного поля в башкирском веке и в конце позднетатарского времени. Эпохи инверсий, в свою очередь, совпадают со временем проявления судетской и пфальцской фаз герцинского тектогенеза. Экстраполяция данных по СССР на другие области дает возможность установления в карбоне и перми 4-х палеомагнитных зон (31), из которых наиболее ранняя Тихвинская R-зона(Dfm_2 - C_1nam_1O, сменяющаяся во времени Дебальцевской NR-зоной(C_1nam_2 - C_2bsk), а затем идет R-зона Киаман (C_3 - $Ptat_1$) и NR-зона Иллавара ($Ptat_2$ - T_1).Следует отметить, что, на наш взгляд, из сравнения моментов проявления фаз складчатости со шкалой палеомагнитных зон, можно сделать вывод, что только рубеж Тихвинской R- и Дебальцевской NR-зон совпадает с зоной переменного поля первичной намагниченности и одновременно с моментом проявления судетской фазы герцинского цикла. Граница Дебальцевской NR-зоны и, соответственно, нижняя граница R-зоны Киаман такой связи не обнаруживают. То же, отчасти, относится и к верхней границе R-зоны Киаман и, соответственно, к нижней границе NR-зоны Иллавара.

При сопоставлении схемы палеомагнитной зональности с данными по характеру развития семейств отряда Fusulinida намечаются некоторые интересные особенности. Так, в частности, для трех семейств (Ozawainellidae, Schubertellidae, Fusulinidae) можно подметить определенное совпадение этапов ускоренной эволюции с Дебальцевской NR-зоной чередования прямой и обратной намагниченности и совпадение конечных моментов этапа с нижним горизонтом прямой намагниченности R-зоны Киаман. Остальная часть зоны Киаман, характеризующаяся преобладанием обратной намагниченности, совпадает с этапом замедленной эволюции, а с моментом инверсии в казанском веке связывается второго и последнего этапа ускоренной эволюции отряда Fusulinida.

Ранее (27) отмечалась специфика морфологического выражения одноименных фаз в этапах ускоренной и замедленной эволюций. Обращаясь к интерпритации факта намечающихся связей между характером палеомагнитных перемен и динамикой особенностями эволюционного процесса, следует иметь ввиду существующее мнение (31) о том, что во время инверсий происходит падение экранизирующего влияния магнитосферы и увеличение радиации.

Литература

1. Абдуллаев Х.М. Магматизм и оруденение Средней Азии. Изд. АН УзССР, Ташкент, 1960.
2. Бубнов С.Н. Основные проблемы геологии. Изд. Моск.Унив., М., 1960.
3. Вдовенко М.В. Вопросы микропалеонтологии. № 11, 1969.
4. Ганелина Р.А. Труды ВНИГРИ, нов. серия, вып.98. Микрофауна СССР, сб. УШ, 1956.
5. Иванова Е.А. ДАН СССР, 105, 1, 1955.
6. Иванова Е.А. Развитие фауны в связи с условиями существования. Тр. Палеонтол. ин-та, 69. Изд. АН СССР, 1958.
7. Липина О.А. Вопросы микропалеонтологии, 7, 1963.
8. Липина О.А. Вопросы микропалеонтологии, 13, 1970.
9. Лихачев Ю.А. Материалы годичн.сессии учен.совета ВСЕГЕИ по результатам работ 1959 г. Л., 1960.
10. Малахова Н.П. ДАН СССР, 106, 6, 1956.
11. Миклухо-Маклай А.Д., Раузер-Черноусова Д.М., Розовская С.Е. Систематика и филогения фузулинидей. Вопр. микропалеонтол., 2, 1958.
12. Миклухо-Маклай А.Д., Раузер-Черноусова Д.М., Розовская С.Е. В кн. "Основы палеонтологии". Общая часть. Простейшие. Изд. АН СССР. 1959.
13. Раузер-Черноусова Д.М. Материалы палеонтологического совещания по палеозою. Изд. АН СССР, 1953.
14. Раузер-Черноусова Д.М. Вопросы микропалеонтологии, 4, 1961.
15. Раузер-Черноусова Д.М. ДАН СССР, 160, 4, 1965.
16. Раузер-Черноусова Д.М., Кулик Е.Л. Изв. АН СССР, сер. геол., 6, 1949.

17. Рейтлингер Е.А. Вопросы микропалеонтологии, 2, 1958.
18. Рейтлингер Е.А. Вопросы микропалеонтологии, 5, 1961.
19. Рейтлингер Е.А. Вопросы микропалеонтологии, 7, 1963.
20. Рейтлингер Е.А. Вопросы микропалеонтологии, 9, 1965.
21. Рейтлингер Е.А. Вопросы микропалеонтологии,12, 1969.
22. Рейтлингер Е.А. Вопросы микропалеонтологии,14, 1971.
23. Розовская С.Е. Палеонтологический журнал, 3, 1969.
24. Семихатова С.В. Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 34, 1, 1959.
25. Соболев И.Д. Мат. по геол. и полезн. ископ. Урала, 8, 1961.
26. Соловьева М.Н. Стратиграфия и фузулинидовые зоны среднекаменноугольных отложений Средней Азии. Тр. Геол.инст. АН СССР, 76. Изд. АН СССР, 1963.
27. Соловьева М.Н. Вопросы микропалеонтологии, 10, 1966.
28. Соловьева М.Н., Разваляев А.В., Протасевич Л.Б. Известия АН СССР, сер. геол., 10, 1965.
29. Фурсенко А.В. Вестн. Ленингр. ун-та, 2, 1950.
30. Фурсенко А.В. Тр. ин-та геол. наук АН БССР, 1, Минск, 1958.
31. Храмов А.Н. Физика Земли, 1, 1967.
32. Berggren W. Micropaleontology, 15, 3, 1969.
33. Bettenstaedt F. Mitt. Geol. Staats inst. Hamburg, 31, 18, 1962.
34. Grabert B. Abh. Seneuerg. Natur. Ges., 498, 1959.
35. Ginkel van A.C. Leides Geolog. Mededelingen, Deel 49. Agl. 1, 1972.
36. The Phanerozoic Time-Skale. Quar. J.Geol. Soc., 102, London, 1964.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

УДК / 525.235+551.782+551.79 / (470.57)

И.И.КРАСНОВ, В.К.НЕМКОВА, В.Л.ЯХИМОВИЧ
ВСЕГЕИ, Ин-т геологии БФ АН СССР

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ И СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ В ПОЗДНЕМ ПЛИОЦЕНЕ И ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

За последние 20 лет в Башкирском Предуралье накопился большой материал по стратиграфии плейстоценовых и верхнеплиоценовых отложений и характеристике состава и смены растительных ассоциаций в неогене и антропогене, значительная часть которого опубликована /2,3,5,6/. Выявленные палеоботанические характеристики стратиграфических подразделений плиоцена и плейстоцена четко фиксируют смену холодных и теплых эпох, а также различную степень увлажненности. Попытка увязать их с климатостратиграфической схемой, основанной на кривой солнечной радиации, предпринята впервые. В основу корреляции положены даты минимумов солнечной радиации по шкале Ш.Г.Шараф и Н.А.Будниковой /4/ в обработке И.И.Краснова для обоих полушарий в пределах 3,5 млн.лет (см. таблицу).

В левой части таблицы помещена климатостратиграфическая шкала, составленная И.И.Красновым /1/ на основании ритмов сонечной радиации.По мнению автора, эпохи похолоданий и потеплений климата могут быть намечены на хроностратиграфической шкале антропогена и верхнего плиоцена, с высокой степенью точности, по астрономическим данным, если принять, что похолодания климата и материковые оледенения могут быть обусловлены минимумами солнечной радиации. Ритмичная последовательность ледниковых и межледниковых эпох в позднем и среднем плейстоцене хорошо сопоставляется с радиационной кривой. Новые данные ядерной геохронологии подтверждают абсолютные датировки

оледенений и межледниковий, намеченные предварительно по астрономическим данным. Поэтому имеется все больше оснований для сопоставления данных относительной хроностратиграфии с абсолютными датами радиационной шкалы и палеомагнитной шкалой. Это позволяет наметить , пока предварительно, датировки более древних эпох потеплений и похолоданий в раннем плейстоцене, апшероне и акчагыле, следы которых уже обнаруживаются по био - стратиграфическим и, особенно, по экологическим и палеоклиматическим данным.

Установлено, что эпохи похолоданий, намечаемые по минимумам солнечной радиации, распределаются на хронологической шкале неравномерно, что объясняется сложной системой ротационных возмущений, отражающихся на радиационной кривой в виде ритмичных колебаний нескольких порядков. На кривой ясно выделяются отдельные участки с резко выраженными пиками минимумов и максимумов радиации, чередующиеся с длительными отрезками, на которых пики сглажены и носят спокойный характер. Хронологические отрезки с резкими амплитудами на радиационной кривой мы отождествляем с эпохами похолоданий и даже развитием материковых оледенений.

Так, в раннем плейстоцене вполне отчетливо устанавливаются три радиационных минимума - 390, 435 и 475 тыс.лет, которые теперь позволяют уверенно датировать миндельское, эльстерское оледенение Западной Европы, состоящее из трех стадий - от 380 до 490 тыс. лет. Отчетливо выделяются две ледниковых стадии внутри кромерского межледниковья - 600 и 680 тыс.лет.

Более древние эпохи оледенений и похолоданий намечаются в следующих хронологических интервалах : от 780 до 870 тыс.лет - в позднем апшероне (менапское?, гюнцское II-ое?); от 960 до 990 тыс.лет, тоже в позднем апшероне (эбуронское?, гюнцское 1-ое?); от 1330 до 1590 тыс.лет - в среднем апшероне, которое мы предлагаем назвать "криоапшероном", и, наконец, от 2260 до 2800 тыс.лет - в среднем акчагыле, которое мы называем "криоакчагылом". Также отчетливо на кривой

выделяются крупные эпохи спокойного солнечной радиации режима, которые соответствуют длительным этапам потепления палеоклиматов – от 240 до 400 тыс.лет – лихвинская, гольштинская, миндель-рисская длительностью 160 тыс.лет; от 490 до 780 тыс.лет – раннеплейстоценовая, кромерская, гюнцминдельская(?) – 290 тыс.лет; от 870 до 960 тыс.лет – позднеапшеронская, ваальская(?), интергюнцская(?) длительностью 90 тыс.лет; от 990 до 1330 тыс.лет – главная верхнеапшеронская, тегеленская(?), дунайгюнцская(?) длительностью 340 тыс.лет; от 1590 до 2260 тыс.лет – наиболее крупная – верхнеакчагыльская -нижнеапшеронская эпоха спокойного солнца, додунайская(?) длительностью 670 тыс.лет.

Приведенные сопоставления установленных ритмов похолоданий и потеплений с конкретными ледниковыми и межледниковыми слоями более или менее надежны в пределах плейстоцена и верхов апшерона, т.е. примерно до 0.8 - 1.0 млн.лет. Ниже кромерского (доминдельского) межледниковья сопоставления могут измениться, так как еще не известны абсолютные датировки слоев. Пока имеются лишь термолюминисцентные даты лессов и погребенных почв до 1 млн.лет, а также несколько палеомагнитных дат, в интервале от 0.69 до 2.5 млн.лет, которые могут служить в качестве хронологических реперов при установлении абсолютного возраста отложений эоплейстоцена.

Приведенная климатостратиграфическая шкала может быть использована для уточнения границ основных подразделений четвертичной (антропогеновой) системы.

Стратиграфическая схема Башкирского Предуралья привязана к хроностратиграфической шкале антропогена по генезису осадков и ритмостратиграфическим особенностям, биостратиграфическим реперам, имеющимся датам для плейстоцена и фрагментам палеомагнитной шкалы.

Биостратиграфическими реперами Башкирской схемы являются: нижний и средний акчагыл, нижний и средний апшерон, нижний(чуй-атасевский) плейстоцен и более молодые подразделения, получившие в последние годы радиоуглеродные и палеомагнитные датировки.

Нижний акчагыл в Башкирском Предуралье (карламанский и кумурлинский горизонты) содержит комплекс моллюсков с куяльницкой Amphimelania impressa и акчагыльские остракоды. В верхней части карламанского горизонта (максимум нижнеакчагыльской ингрессии) встречаются бореальные фораминиферы. Средний акчагыл выделяется по типичной морской акчагыльской фауне моллюсков (кардииды и авиамактры) и богатому хапровскому фаунистическому комплексу(мелкие млекопитающие).

Нижнеапшеронский аллювий (первая половина нижнего апшерона) с Unio sturi характеризуется таманским фаунистическим комплексом(мелкие млекопитающие). Аллювий среднего апшерона содержит характерные лимноскафы и таманскую фауну млекопитающих . В нижнем плейстоцене имеется аллювиальный горизонт с фауной тираспольского типа. В перекрывающем его перигляциальном комплексе осадков фиксируется последняя инверсия палеомагнитного поля. Фаунистические датировки более молодых отложений по ряду горизонтов подтверждены физическими методами (см. таблицу).

Несмотря на наличие четких биостратиграфических и некоторых геохронологических реперов в сопоставлении местной схемы Башкирского Предуралья и общей хроностратиграфической шкалы антропогена остались значительные неувязки. В средний "криоапшерон" сводной хроностратиграфической шкалы попала верхняя перигляциальная часть демского горизонта нижнего апшерона Предуралья , а в верхний теплый апшерон - весь среднеапшеронский давлекановский горизонт и нижняя , верхнеапшеронская, часть общесыртовой свиты башкирской схемы . Для холодного перигляциального верхнего

Таблица I

1. Эпохи потепления заштрихованы.
2. На палеомагнитных колонках черным показаны интервалы прямой намагниченности, белым - обратной На стратиграфической схеме ниже аккулаевского горизонта среднего акчагыла - данных нет.
3. На кривой изменения растительности пунктирной линией показаны участки, построенные на недостаточном материале.

Рис. 1

ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА АНТРОПОГЕНА

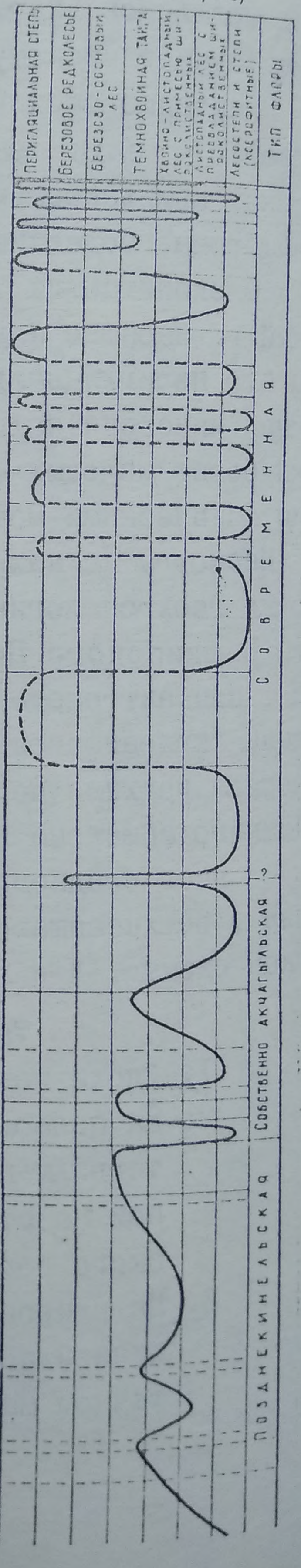
(И. И. Краснов, 1972)

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА АНТРОПОГЕНА БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

(В. Л. Яхимович, 1973)

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КРИВАЯ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПОЗДНЕМ ПЛИОЦЕНЕ И ПЛЕЙСТОЦЕНЕ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

(В. К. Немкова, 1973)



акчагыла Башкирии остался лишь кратковременный минимум солнечной радиации, имевший место в 1910 тыс. лет назад, а с "верхним теплым" акчагылом шкалы хорошо сопоставился верхний подгоризонт аккулаевского горизонта среднего акчагыла Башкирии, содержащий богатую левантинскую и морскую среднеакчагыльскую фауну моллюсков. Несомненно неправильное положение относительно сводной шкалы занимает кумурлинский горизонт кинельской свиты. Он представляет собою осадки регрессии нижнеакчагыльского моря. Время его формирования было холодным (фиксируются первые элементы горной тундры). Резкое похолодание отмечено в максимуме нижнеакчагыльской ингрессии (появление бореальных фораминифер). Эта часть разреза попала в средний холодный "криоакчагыл" общей хроностратиграфической шкалы. Оказались смещенными и палеомагнитные зоны акчагыла.

Для разрешения этих неувязок явно недостает геохронологической и палеомагнитной шкал по Предуралью. Предлагаемый первый опыт их корреляции может быть и преждевременным, но к схеме Башкирского Предуралья хорошо привязана кривая изменения типов растительности, и последующие уточнения возраста различных горизонтов этой схемы существенно не изменят выявленных для Предуралья закономерностей в развитии растительного покрова.

Растительный покров Башкирского Предуралья в доакчагыльское время (время накопления чебеньковских горизонтов) характеризовался последовательной сменой разнотравных степей и лесостепей широколиственными лесами с возрастанием в последних роли хвойных, особенно на горах и в предгорьях. Климат за это время становился более холодным и одновременно более влажным.

В карламанское время леса покрывали большую часть Башкирского Предуралья. Они состояли из елей и сосен (по нескольку видов) с примесью пихт, тсуги и широколиственных пород (на юге чаще липы, севернее - вязы). Состав этих лесов не был однородным на протяжении всего карламанского времени: на спорово-пыльцевых диаграммах отчетливо видны три более холодных отрезка (увеличение роли темнохвойных, сокращение числа широколиственных) и два более теплых (возрастание количества широколиственных) между ними. В осадках

времени последнего из этих похолоданий найдены бореальные фораминиферы, а два предыдущих похолодания хорошо сопоставляются с минимумами солнечной радиации, датированными по хроностратиграфической шкале 3425 и 3215 тыс. лет назад.

В кумурлинское время доминирующим типом растительности стала темнохвойная тайга, в которой преобладали ели, увеличилась роль тсуги (количество ее было максимальным в плиоцене Башкирского Предуралья именно в это время), реже встречались пихты и лиственницы. Листопадных пород, по сравнению с предыдущим периодом, стало меньше; в северных районах они исчезли совсем. На горах впервые появились элементы горнотундрового ландшафта. Характерной особенностью флор кумурлинского горизонта было последовательное уменьшение видового разнообразия основных лесообразующих пород с 3-4 видов до I-2 видов в верхней части горизонта. Климат за кумурлинское время стал еще более влажным и более холодным (особенно в конце его).

Флора нижнего акчагыла в целом (карламанский и кумурлинский горизонты) - это флора позднекинельского типа, характеризующаяся еще большим количеством реликтовых видов, но при доминировании современных, часть которых ныне не растет в Башкирском Предуралье.

В начале времени накопления зилим-васильевского горизонта климат стал более теплым и сухим, что повлекло за собой появление на большей части Башкирского Предуралья лесостепей и степей. Затем наступило значительное похолодание, сопровождавшее начало второй акчагыльской ингрессии, и таежные леса вновь стали доминирующим типом растительности ; примесь листопадных пород в их составе была незначительной.

Растительный покров рассматриваемой территории на протяжении аккулаевского времени также не был одинаковым. Таежные леса, унаследованные с конца зилим-васильевского времени, вначале заняли еще более обширные площади. Этот холодный период соответствовал максимуму второй ингрессии акчагыльских вод; его окончание датируется по хроностратиграфической шкале 2485 тыс. лет назад. Затем началось потепление и иссушение климата. Башкирское Предуралье покрылось березово-широколиственными островными лесами на фоне ксерофитных

степей. Этот тип растительности сменили влажные хвойно-листопадные, а затем и темнохвойные таежные леса. В конце аккулаевского времени стало теплее и суше, появились березово-листопадные леса и разнотравные степи. Именно в осадках, накопившихся в этот теплый период, найдены левантинские моллюски.

Флоры Башкирского Предуралья в среднем акчагыле - это флоры собственно акчагыльского типа, отличающиеся от позднекинельских незначительным разнообразием видов основных лесообразующих пород, почти полным отсутствием среди наземной растительности реликтовых плиоценовых видов при преобладании современных растений, большая часть которых и сейчас растет на этой территории.

В позднеакчагыльское время растительный покров Башкирского Предуралья был очень бедным. Появление березово-хвойного редколесья на фоне холодной степи явилось следствием очень значительного похолодания, равного которому не было за все рассмотренные отрезки времени. Максимум этого похолодания определяется датой 1910 тыс. лет тому назад. Именно в то время в изученном районе впервые появились растительные группировки, явившиеся исходными для перигляциальной растительности последующих геологических эпох.

Последовательная смена растительного покрова Башкирского Предуралья за время формирования демского и давлекановского горизонтов довольно сходна. Это сосново-березовые и широколиственные островные леса на фоне разнотравной степи в первую половину времени формирования обоих горизонтов и перигляциальная растительность - во вторую. Палеоботанических находок здесь очень немного, особенно в красно-бурых суглинках перигляциального типа, венчающих оба этих горизонта. Верхняя "перигляциальная" часть демского горизонта сопоставляется с минимумом солнечной радиации по хроностратиграфической шкале в пределах от 1580 до 1340 тыс. лет, а окончание похолодания в конце давлекановского времени - 970 тыс. лет тому назад.

Именно с апшерона впервые отмечается смена теплых разнотравных степей с широколиственными островными лесами ассоциациями перигляциальной растительности. Промежуточные между ними стадии листопадных и хвойных лесов, тайги и ле-

сотундры не установлены. Подобная смена типов растительности неоднократно проявлялась и позднее – в плейстоцене.

В общесыртовой свите находки пыльцы и спор очень редки. Они позволяют только наметить трехкратное похододание климата, отразившееся в смене лесостепных ассоциаций (разнотравные степи с широколиственными островными лесами) перигляциальными холодными степями. Подобная же смена теплых разнотравных степей и лесостепей перигляциальными произошла и во время накопления чуйатасевского горизонта нижнего плейстоцена.

Растительный покров Башкирского Предуралья за лихвинское время (самое теплое из межледниковий) изменялся от темнохвойных таежных лесов к хвойно-листопадным и затем к широколиственным лесам климатического оптимума. В конце межледниковья эти леса сменились хвойно-листопадными и хвойными.

В период днепровского оледенения преобладающим типом растительности вновь стали перигляциальные степи. Одинцовское межледниковье было менее теплым, чем лихвинское: прослежена смена березово-хвойных лесов темнохвойной тайгой, иногда с небольшой примесью широколиственных пород.

В микулинское межледниковье на территории Башкирского Предуралья было теплее, чем в одинцовское, так как перигляциальную растительность времени московского оледенения сменили хвойно-листопадные и лиственные леса со значительным количеством широколиственных пород.

Во время последнего межледниковья стало еще теплее и заметно суше – появились даже ксерофитные лесостепи и степи.

Начиная с апшерона флоры Башкирского Предуралья – это флоры современного типа, состоящие из видов ныне растущих на этой территории. В апшеронских и раннеплейстоценовых флорах еще есть единичные реликтовые плиоценовые виды, особенно среди водных растений, но и они последовательно исчезли к концу раннего плейстоцена.

Выводы

Рассмотрение кривой изменения типов растительности

Башкирского Предуралья за позднеплиоценовое - плейстоценовое время позволяет сделать ряд выводов. Почти все отмеченные резкие смены более "холодных" растительных группировок более "теплыми" и обратно довольно убедительно соответствуют минимумам и максимумам солнечной радиации. Таким образом, многие из них уже получают предварительные абсолютные датировки.

На кривой отчетливо видно, что смены растительного покрова за рассматриваемое время становятся более частыми с приближением к современности. Таким образом, абсолютное время существования каждого типа растительности тем короче, чем он моложе.

Амплитуда изменения типов растительности за раннеакчагыльское время была небольшой - от хвойных лесов с примесью широколиственных до темнохвойной тайги. В среднем акчагыле она стала больше: от лесостепей до темнохвойной тайги.

Резкое увеличение амплитуды колебания типов растительности произошло в позднем акчагыле, когда впервые появились элементы перигляциальных растительных группировок. Причиной этого явилось не только снижение солнечной радиации, но и особенности тектонического режима Предуралья. В то время произошла смена знака движений - погружения сменились поднятиями.

На протяжении плейстоцена вначале отмечено уменьшение амплитуды колебания типов растительного покрова (одинцовское межледниковье холоднее лихвинского), затем в позднеплейстоценовое время изменения типов растительности вновь становятся более резкими и частыми.

Дальнейшие исследования в области геохронологии позволят уточнить привязку региональной схемы Башкирского Предуралья к шкале солнечной радиации и тогда многие ещё не разрешенные вопросы станут ясными.

Литература

1. Краснов И.И. Известия АН СССР, серия географическая, 2, 1973.
2. Немкова В.К. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. СГУ, Саратов, 1964.
3. Фауна и флора Аккулаева (опорный разрез среднего акчагыла - среднего апшерона Башкирии). Изд. БФАН СССР, г.Уфа, 1973.
4. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. Труды ин-та теоретической астрономии, ХУ1, 1966.
5. Яхимович В.Л., Немкова В.К., Дорофеев П.И., Попова - Львова М.Г. Кайнозой Башкирского Предуралья, том П, часть 2, Изд. "Недра", 1965.
6. Яхимович В.Л., Немкова В.К., Вербицкая Н.П., Сухов В.П., Попов Г.И. Кайнозой Башкирского Предуралья, том П, часть 3, изд. "Наука", 1970.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

В.Л.ЗВЕРЕВ, А.Л.ЧЕПАЛЫГА, А.И.СПИРИДОНОВ

Палеонтологический институт АН СССР
ВНИИ ядерной геофизики и геохимии

ЭФФЕКТ НЕРАВНОВЕСИЯ ИЗОТОПОВ УРАНА И ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ

Предыдущими исследованиями /I-5/ установлено, что изотопный состав урана в раковинах живых моллюсков определяется соотношением изотопов урана в среде его обитания, т.е. в воде. Так, в воде р.Днестр соотношение U^{234}/U^{238} равно I,19±0,0I, а в раковинах современных моллюсков из Днестра - I,I2±0,06, т.е. соотношение изотопов в воде и в раковинах очень близкое.

В I969 году в одном из образцов раковин пресноводных моллюсков из верхнепоратских отложений Молдавии авторами было обнаружено соотношение U^{234}/U^{238}, равное I,8, которое значительно превышало соотношение изотопов урана в современных поверхностных водах района (I,0-I,2). В связи с этим мы провели исследования, с целью выяснить закономерности распределения образцов с избытком U^{234} в ископаемых раковинах моллюсков в пространстве и во времени, а также исследовать его возможную связь с эволюцией пресноводных моллюсков.

Материал

При отборе образцов на изотопный анализ мы, исходя из поставленной задачи, старались исключить влияние литологии, фациального состава, гидрогеологических условий, а также

возможности биогенного разделения изотопов. Для этого выбирались разрезы с одинаковым или сходным геологическим строением (речные террасы), литологическим составом (пески и галечники), фациальным составом (аллювий), а также раковины, принадлежащие к одной группе организмов - униониды и вивипары.

Большая часть образцов отобрана из одного района - Южной Молдавии - из террасовых отложений Днестра, Дуная, Прута. Серия образцов отбиралась по возрасту, начиная с верхнего миоцена (сармат), из нижнего плиоцена (понт) и далее более дробно из верхнеплиоценовых и четвертичных террас.

Для оценки влияния различных географических условий были также проанализированы верхнеплиоценовые образцы из других районов СССР: бассейна Дона (Нагавская, Несмияновка), долины Волги (Домашкинские вершины), Западной Сибири (Железинка), Казахстана (Бетене, Петропавловск), Алтая (Кызылгирская свита).

Методика исследования

Образцы раковин, очищенные от терригенного материала, прокаливали в муфельной печи при $t = 900^0$ для удаления следов органики. Затем растворяли в смеси соляной и азотной кислот (I : I). Полученный раствор нагревали, добавляли 5 мл IO%-ного раствора $Fe(NO_3)_3$ и концентрировали уран на гидроокиси железа осаждением безугольным аммиаком. Осадок гидроокиси растворяли в 1 N азотной кислоте, упаривали и экстрагировали диэтиловым эфиром. Уран электролитически осаждали на полированные диски из нержавеющей стали /6 /. Полученные препараты измеряли на ионизационном α - спектрометре с полупроводниковым детектором /7/.

Результаты и обсуждение

Результаты определений содержания урана и соотношения изотопов U^{234}/U^{238} приведены в таблицах I,2.

Можно отметить, что содержание урана в раковинах колеблется в очень широких пределах (в сотни раз), не обнаруживая определенных закономерностей. Зато по соотношению изотопов U^{234}/ U^{238} можно констатировать четкий максимум в образцах

из верхнего плиоцена: от I,33 до I,93 при среднем из I2 образцов, равном I,65.

Образцы из предшествующего интервала верхнего миоцена - нижнего плиоцена характеризуются избытком урана-234 гораздо меньшим: от I,I5 до I,32 при среднем I,24. Образцы из более молодых четвертичных отложений характеризуются также меньшими, чем в верхнем плиоцене, значениями избытка урана-234: от I,06 до I,65 при среднем I,33.

Таким образом, для верхнеплиоценовых образцов отмечается аномальное соотношение изотопов урана, а именно: избыток урана-234, достигающий I,93 при среднем I,65.

Таблица I

Содержание и изотопный состав урана в раковинах пресноводных моллюсков Южной Молдавии.

№№ обр	Местонахождения и отложения	Содержание урана в усл. един.	Соотношение U^{234}/U^{238} ед. активности	Возраст: индексы	Возраст: млн. лет	Интервалы соотношения изотопов */
I	2	3	4	5	6	7
I	Современный, Днестр, вода (5)		I,I9±0,0I	Q_{IV}		
2	Современный, Днестр, раковины (5)		I,I2±0,06			
3	Карагаш, П терраса, Днестра	50	I,22±0,07	Q_{III}		I,20-I,43
4	Гура-Быкулуй, П терраса Днестра	7	I,43±0,09			
5	Спея, Ш терраса Днестра	22	I,2I±0,06			(I,30)
6	Косоуцы, IУ терраса Днестра	22	I,37±0,08	Q_{II}		
7	Кислица, IУ терраса Прута	2,54	I,20±0,I0		0,4	
8	Тирасполь, У терраса Днестра (верх)	0,80	I,I8±0,08			
9	Тирасполь, У терраса Днестра (низ)	7,50	I,65±0,07			

I	2	3	4	5	6	7
I0	Малаешты, У терраса Днестра (верх)	5	I,65±0,08	Q_I		I,06-I,65
II	Малаешты, У терраса Днестра	74	I,34±0,04			
I2	Малаешты, У терраса Днестра (низ)	I06	I,I5±0,03			(I,33)
I3	Нагорное, У терраса Дуная	9,9	I,06±0,04		0,7	
I4	Каменка, УП терраса Днестра	26	I,44±0,04			
I5	Нагорное, УШ терраса Дуная	30	I,47±0,09	N_2^3ap		
I6	Лиманское, УШ терраса Дуная	2,6	I,80±0,I0			
I7	Долинское, УШ терраса Дуная	3	I,85±0,24			
I8	Бошерница, УШ терраса Днестра	I4	I,46±0,II		I,8	
I9	Домашка, акчагыл	4,5	I,80±0,I0			
20	Долинское, верхний порат (верх)	4,8	I,80±0,08			I,33-I,93
2I	Долинское, верхний порат (верх)	0,I6	I,80±0,03			
22	То же, порода		I,I3±0,06			(I,65)
23	Долинское, верхний порат (низ)	6	I,40±0,07	N_2^3ak		
24	Рипа Скорцельская, верхний порат	3	I,64±0,I2			
25	Кислица, нижний порат	6	I,33±0,05			
26	Валены, нижний порат	3	I,93±0,I4		3,5	
27	Виноградовка, понт	37	I,32±0,08	$N_2^I p$	6,0	
28	Тростянец, верхний сармат	5,9	I,I5±0,05	$N_I^3 s$	I0,0	I,I5-I,32

x/ В графе 7 в скобках - средние значения

Таблица 2

Содержание и изотопный состав урана в раковинах верхнеплиоценовых пресноводных моллюсков разных районов СССР

№№ пп	Местонахождения	Содержание урана отн. единицы	Соотношение ед. активности
I.	Бетене, Казахстан	8	I,I7±0,05
2.	Петропавловск, Казахстан	3,8	I,29±0,06
3.	Черлак, Иртыш	32,9	I,I5±0,04
4.	Железинка, Иртыш	0,59	I,68±0,I6
5.	Железинка, Иртыш	4,9	I,I9±0,06
6.	Железинка, Иртыш	38	I,I2±0,03
7.	Кызылгир, Алтай	2	2,04±0,I5
8.	Нагавская, Дон	-	I,60
9.	Несмияновка, р.Сал	-	I,40±0,I0
I0.	Домашкинские вершины, Волга	4,5	I,80±0,I0

Следует обратить внимание, что наблюдаемый максимум избытка урана-234 по времени совпадает с интенсивным формообразованием у реофильных пресноводных моллюсков /8/. В позднем плиоцене появлялись и вымирали десятки новых видов и большое количество родов унионид и вивипар, а также меланиид и неритид и других групп. В частности, в акчагыльское и апшеронское время на юге СССР появились и вымерли следующие роды и подроды: Rugunio, Cuneopsidea, Wenziella, Cyclopotomida, Ritia, Pristinunio, Ebersininaia, Euxinomargaria, Suchumica, Pseudunio, Bogatschenia, Pseudosturia и др. Одновременно в Западной Сибири появились и вымерли Tuberunio, Sculptunio, Betekeia, Sibirunio, Pallasinaia и др., а в Горном Алтае и Монголии – Cuneunio, Pseudocarinogyraulus и др.

Наличие четкого максимума избытка урана-234 ($\gamma \approx$ I,8) обнаружено именно в раковинах этих моллюсков. Очевидно, процесс интенсивного формообразования был связан с изменением

экологических условий и режима древних бассейнов. Со всей очевидностью можно утверждать, что в период с позднего плиоцена до настоящего времени происходило изменение изотопного состава урана в родах древних водоемов, что нашло свое отражение в изотопном составе урана карбонатного скелета раковин пресноводных моллюсков, которые резко отличаются по изотопному составу от воды Днестра и современных вод вмещающих пород.

Выводы

I. В раковинах пресноводных моллюсков верхнеплиоценовых отложений Молдавии и других районов СССР установлен значительный избыток U^{234}, максимум отношения U^{234}/U^{238} колеблется в интервале I,80-2,04;

2. Избыток изотопа U^{234} в раковинах пресноводных моллюсков Молдавии, по-видимому, унаследован из вод позднеплиоценовых водоемов;

3. Временная корреляция максимальных величин избытка U^{234} с периодом интенсивного формообразования фауны моллюсков на юге СССР, в Казахстане и Западной Сибири, по-видимому, может найти объяснение в изменении условий обитания в позднеплиоценовых водоемах, которое вызвало резкое увеличение содержания урана-234.

Литература

1. Thurber D. Anomalous U^{234}/U^{238} In nature J.Geophys. Res., 67, 4518, 1962.
2. Kaufman A. Th^{230} - U^{234} dating of carbonates from lakes Lahontan and Bonneville. Lamont Geological Observatory Ph. D.Dissertation. Columbia University, 1964.
3. Kaufman A., Broecker W. Comparison of Th^{230} and C^{14} Ages for Carbonate Materials from Lakes Lahontan and Bonneville. J.Geophys. Res., 70, 4039, 1965.
4. Broecker W., Kaufman A. Radiocarbon chronology of Lake Lahontan and Lake Bonneville. II, Great Basin. Geol.Soc. of America, Bulletin, v.76, N 5, 537, 1965.

5. Чёрдынцев В.В. Уран-234. М., Атомиздат, 1969.
6. Зверев В.Л. Методы исследования природного плутония. Радиохимия, т.10, № 1, 1968.
7. Самиенкова Н.Л., Сельдянов Ю.М., Спиридонов А.И., Тыминский В.Г. Особенности определения изотопного состава урана с помощью прибора Амур. Инф. бюлл. СНИИП, № 5, М., 1966.
8. Чепалыга А.Л. Антропогеновые пресноводные моллюски Юга Русской равнины и их стратиграфическое значение. Тр. ГИН, в.166, "Наука", 1967.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

К.М.СУЛТАНОВ, С.А.ИСАЕВ
Азербайджанский университет

ЭВОЛЮЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОРГАНИЗМОВ ПРОШЛОГО И КОЛЕБАНИЯ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУРЫ ПЛИОЦЕН-АНТРОПОГЕНОВОГО ВРЕМЕНИ

Известно, что температура среды играет важнейшую роль в жизнедеятельности морских организмов и в первую очередь беспозвоночных моря. Под влиянием температуры ускоряются или, наоборот, задерживаются начало и конец сезона размножения, те или иные стадии развития. Наблюдается зависимость темпа роста от температуры воды: беспозвоночные растут в теплые летние месяцы. По мере понижения температуры воды осенью рост их замедляется и, наконец, совсем прекращается. Рост многих беспозвоночных, расположенных в разных широтах, различен.

Влияние температуры на организмы в море сказывается как непосредственно, так и через насыщение морской воды известью, необходимой для развития скелета. Кроме того, температура, совместно с другими элементами климата, оставляет след на процессах литогенеза (минералогический состав отдельных типов и групп отложений, литогенетические формации и др.), в развитии фитопланктона, в изменении концентрации различных химических элементов в морской воде, грунтовых растворах и донных осадках. В морских бассейнах аридной области соленость оказывается несколько повышенной вследствие сильного испарения с их поверхности. При значительном отклонении от нормальной как в сторону опреснения, так и осолоне-

ния, происходит обеднение фауны, уменьшение размеров раковин и упрощение структуры. Оптимальным климатическим условием развития беспозвоночных моря является постоянная высокая (тропическая) температура воды, сочетающаяся с нормальной соленостью. И, наконец, похолодание или потепление климата ведет, соответственно к уменьшению или увеличению количества теплолюбивых и бореальных форм.

Подобная связь между средой и беспозвоночными моря делает их хорошими индикаторами физико-географических условий, в частности климатических, влияние которых на условия существования в море в основном проявляется через температурный режим.

Вопрос о влиянии температуры морской среды на химический элементарный состав, минералогию и строение раковин и скелетов беспозвоночных в настоящее время в центре внимания многих биогеохимиков. Изучается изменение содержания отдельных химических элементов в зависимости от температуры среды.

По мнению некоторых зарубежных авторов /I0,II/, взаимосвязь между содержанием стронция в раковинах и температурой воды отсутствует. Ловенстем /8/ установил положительную корреляцию стронция с температурой в замковых брахиоподах. Отрицательную корреляцию стронция с температурой в скелетах эхинопод отмечают Пилки и Хауэр /9/, а в перламутровом слое раковин Mytilus - Додд /7/.

Касаясь вопроса о распределении бария в раковинах беспозвоночных, Лейтвейн и Васковиак /I2/ указывают, что концентрация этого элемента находится в явной связи с температурой морской среды.

Пилки и Хауэр /9/ установили, что в скелетах Dendraster, живущих в водах нормальной солености, содержание углекислого магния увеличивается на 0,5% при увеличении температуры выше I0^{0}. Кроме того, давно известно /I/, что скелеты эхиноидов из теплых вод более богаты углекислым магнием.

Температура является главным фактором, контролирующим осаждение магния. Малые значения отношения Ca/Mg Бордине /4/ рассматривает как показатель отношения магния в относительно теплых водах.

Т.С.Берлин и А.В.Хабаков /3/ разработали химико-аналити-

ческий кальций-магниевый метод определения температуры древних бассейнов. Вычисленные по значениям Ca/Mg отношений палеотемпературы, как правило, находятся в соответствии с результатами изотопного анализа.

Наши исследования показывают, что химический элементарный состав раковин современных беспозвоночных моря подвергается изменениям в связи с влиянием множества факторов биотических и абиотических условий. Среди этих факторов особое место занимают концентрация химических элементов в морской воде и донных осадках, температура и соленость морской воды, эффект жизнедеятельности организмов, полиморфная разновидность карбоната раковин (кальцит или арагонит), в которой концентрируются химические элементы.

Найдена связь между соленостью морской воды и содержанием стронция в раковинах апшеронских дрейссенсид и монодакн. По литолого-палеонтологическим данным в центральной части Апшеронского п-ва во время отложения осадков среднего горизонта среднего апшерона (Ap_2^2) шло интенсивное прогибание дна бассейна. Изменение содержания стронция в раковинах указанных беспозвоночных, а также во вмещающих отложениях указывают на увеличение солености бассейна в этот промежуток времени. Это хорошо согласуется также с составом донных биоценозов.

Изменение содержания м а г н и я в раковинах дрейссенсид и монодакн указывает на понижение температуры морской воды в среднем горизонте по сравнению с нижним и верхним горизонтами среднего апшерона. Увеличение карбонатных осадков в верхнем апшероне хорошо коррелируется с повышением магния в раковинах и других карбонатах, т.е. с увеличением температуры среды. Увеличение глубины бассейна приводит к увеличению в раковинах содержания марганца, меди, железа и др. и, наоборот, к уменьшению содержания бария.

Содержание х л о р а в раковинах современных каспийских моллюсков хорошо отражает соленость придонных слоев литорали. Дальнейшие исследования позволят нам составить формулу линейной зависимости между количеством хлора в раковинах моллюсков и соленостью морской воды.

Широкий предел колебания содержания хлора в современных моллюсках свидетельствует о том, что они чувствительны к хлор-

ному метаболизму и что в концентрации этого элемента в раковинах одна из ведущих ролей принадлежит биологическому фактору. Чувствительность моллюсков очень велика в нормально-морских водоемах и резко уменьшается по мере снижения концентрации хлора в окружающей моллюски среде.

Установлено, что радиоактивность раковин современных моллюсков по содержанию тория в 10^6 раз больше, чем радиоактивность морской воды и в 5 раз больше, чем радиоактивность хемогенных известняков.

Современные и ископаемые гастроподы, как обычно, в раковинах концентрируют относительно больше урана, чем пелециподы.

Различия в содержании урана в раковинах начинают проявляться с таксонов не ниже, чем род. Например, в каспийской адакне, как правило, в 2-3 раза меньше концентрируется урана, чем в остальных кардиидах.

Накопление стронция моллюсками Каспийского моря в различных родах и видах протекает по-разному, кроме того, наблюдается общая тенденция его увеличения с повышением солености морской воды.

Сравнение содержания стронция в морфологически детально изученных раковинах из участков определенного физико-химического условия позволит в дальнейшем уточнить степень влияния вышеуказанных факторов.

По высокому содержанию стронция в раковинах каспийских моллюсков (в среднем 0,35%) Каспийский бассейн среди южных морей СССР может быть рассмотрен как самостоятельная биогеохимическая провинция.

Среднее содержание меди в раковинах моллюсков немного ниже, чем кларк меди в глинах ($4{,}5\ 10^{-3}$%). Это обусловлено тем, что, несмотря на жизненную необходимость меди для живой материи, данный элемент очень слабо отбирается морскими беспозвоночными, поскольку повышение концентрации меди в биологических системах, видимо, губительно действует на беспозвоночные организмы из-за ее токсичности.

На основе имеющихся данных сделан вывод, что в аккумуляции и миграции меди в зоне гипергенеза беспозвоночные организмы играют скромную роль.

В распределении м а р г а н ц а в раковинах моллюсков ведущую роль играет биотический фактор - индивидуальная чувствительность моллюсков к марганцевому обмену. Об этом прежде свидетельствует большой разброс аналитических данных вне зависимости от факторов среды обитания моллюсковой фауны. Несмотря на чувствительность моллюсков к марганцевому обмену, высокими концентраторами этого элемента являются несколько родов (Ostrea, Planorbis, Neritina, Limnea). Аккумуляторами марганца являются пресноводные гастроподы.

Изменение содержания некоторых химических элементов в раковинах древних беспозвоночных и др. геолого-геохимические данные нами использованы для изучения палеотемпературы плиоцен-четвертичных бассейнов.

В настоящее время к л и м а т плиоцена и четвертичного периода юга СССР, в том числе и Азербайджана, вследствие трех великих оледенений северного полушария Земли по данным абсолютной термометрии и другим геохимическим показателям слабо изучен. Поэтому, начиная с 1970 года, в проблемной лаборатории палеобиогеохимии Азгосуниверситета им. С.М.Кирова проводятся комплексные геохимические работы (изотопные и химико-аналитические исследования по раковинам плиоцен-четвертичных двустворчатых в комплексе с палеонтологическими и литологическими методами) для выяснения климатических изменений в плиоцене и четвертичном периоде Азербайджана и прилегающих к нему районов Кавказа.

По комплексным геолого-геохимическим данным в плиоцене и антропогене Азербайджана установлено девять климатических этапов.

Первый климатический этап укладывается в интервале времени п о н т и ч е с к о г о века, где средняя температура мелководья понтического бассейна в Азербайджане составляет 21°С. Это данные хорошо увязываются с преобладанием химико-биогенного накопления известняков в осадочном цикле понтического века и локализацией относительно высоких концентраций стронция в карбонатных породах понтических отложений.

Для вод бассейнов п р о д у к т и в н о й т о л щ и у нас нет абсолютных температурных цифровых данных. Однако, судя по тому, что песчано-глинистая толща века продуктивного

моря содержит включения гипса, ангидрита, доломита, допускаем в продуктивный век повышение температуры мелководья до 25-28°С.

Второй климатический этап начинается с акчагыльского века. В данный век по многочисленным изотопным и химико-аналитическим показателям установлено резкое понижение температуры мелководья бассейна по сравнению с понтическим и продуктивным веками. Температура мелководья акчагыльского бассейна Азербайджана достигает I3-I4°С, что подтверждается повсеместным отсутствием в акчагыльских отложениях хемогенных известняков и нахождением в глинах ряда холодолюбивых представителей диатомовых водорослей.

Третий климатический этап отвечает апшеронскому веку, где температура мелководья апшеронского бассейна в Азербайджане составляет I7-I8°С, что в некоторой степени подтверждается интенсивным биогенным карбонатонакоплением и появлением в апшеронских отложениях прослоев и примесей хемогенных известняков.

В антропогене на основании исследований абсолютной температуры установлены следующие климатические изменения (4-9 этапы): позднебакинский этап, температура 2I°С (миндель-рисское межледниковое время); раннехазарский этап, температура снижается до I8°С (рисское оледенение); позднехазарский этап, температура достигает 22°С (рисс-вюрмский климатический оптимум); раннехвалынский этап, температура снижается до I6°С (вюрмское оледенение); позднехвалынский этап, температура повышается до 25°С (послеледниковое потепление); наконец, новокаспийский этап, где температура мелководья бассейна уменьшается до 22°С, что указывает на похолодание климата по сравнению с позднехвалынским климатическим оптимумом.

Таким образом, плиоцен-антропогеновое время в Азербайджане можно рассматривать как эпоху климатических контрастов, притом контрастность климата растет по мере приближения к современной эпохе.

В целом климатические изменения в плиоцен-четвертичное время Азербайджана можно систематизировать в три крупных мегоклиматических этапа: нижнеплиоценовый этап - климатическо-

го максимума (2I-I8°C), верхнеплиоценовый этап - климатичес-кого минимума (I3-I8°C), антропогеновый этап - климатических контрастов (I6-25°C).

По данным изотопной термометрии и магнезиальности раковин двустворчатых моллюсков влияние трех материковых оледенений и межледниковых климатических оптимумов синхронно ощущается на территории Азербайджана, а временам климатических минимумов в горах Кавказа должно отвечать горное оледенение.

Литература

I. Виноградов А.П. "Известия", № 30, I934.
2. Виноградов А.П. Труды Биогеохимич. лабор. АН СССР, № 5, I939.
3. Берлин Т.С., Хабаков А.В. Бюлл. МОИП, сер. геол. 43, I, I966.
4. Bordine B.W. "Brigham Joung. Univ. Geol. Stud." N 12, 1965.
5. Chave K.E. Journ. Geol. 62, 1954.
6. Cilingar G.V. Journ. Sediments. Petrol. N 32, N 1, 1962.
7. Dodd J.R. Geochim. et Cosmochim. acta. 29, N 5, 1965.
8. Lowenstam H.A. "J. Geol.", 69, N 3, 1961.
9. Pilkey O.H., Hower G. J. Geol., 68, 1960.
10. Thompson T.G., Chow T.I.Deop. Sea Research. Suppl., N 3, 1955.
11. Krinsley D. Journ. Paleontol. 34, 1960.
12. Leutwein F., Waskowiak R. Neues Jahrb. Miner. Abhandl., 99, N 1, 1962.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Л.И.СВЕРЛОВА
Хабаровский филиал ГМЦ СССР

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ИНВЕРСИЙ НА ЭВОЛЮЦИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

За время существования биосферы в ней неоднократно происходили так называемые "биологические катастрофы", когда вымирало большое количество живых организмов. Значительное вымирание произошло 565-510, 400-330, 245-200, 80-35 млн.лет назад, когда в сравнительно короткие геологические отрезки времени повсеместно вымерло большое количество групп организмов.

В последнее время "биологические катастрофы" стали увязывать с инверсиями магнитных полей /8,19/.

Вначале считалось, что с инверсией магнитного поля, когда магнитный щит ослабевал, планета подвергалась облучению, приводившему к гибели многие виды организмов. Позже высказывались предположения, что не высокий радиационный режим обуславливал гибель животных, а уменьшение напряженности магнитного поля вызвало раннюю смертность и отсутствие потомства.

Специальные исследования по выявлению влияния магнитных полей на биологические объекты А.М.Рассадина, А.С.Пресмана, И.А.Шишло, Ю.И.Новицкого, Ю.А.Холодова, Я.Г.Дорфмана, А.Б.Когана, С.А.Павлович, Г.С.Сачева, Л.И.Дорожкиной, В.М.Павелко, И.Н.Гольцевой и др. показали, что изменения напряженности магнитных полей оказывает самое различное влияние на биологические объекты /3,5,6,7,9,12,13,14,18,19/.

При уменьшении напряженности магнитного поля до 5,0-0,5 кэ большинство видов растений испытывают угнетение. При понижении напряженности ПМП до 0,2 кэ наблюдается торможение клеточного деления, приводящее к гибели эмбриональных тканей и старению всех тканей корня.

Это могло обусловливать в прошлом при магнитных инверсиях и резком снижении напряженности геомагнитного поля преждевременное старение и выпадение из состава родов большого количества видов растений.

По мнению ряда авторов /I2/ изменения напряженности и полярности магнитного поля вызывают хромосомные изменения в клетках и дают начало появлению новых видов.

Таким образом, магнитные инверсии и связанные с этим изменение притока солнечной энергии и изменения напряженности геомагнитного поля являлись тем фактором, который обеспечивал в прошлом качественный скачок в эволюции живых организмов. При этом происходило замещение относительно примитивных предков более совершенными потомками.

Причины магнитных инверсий

Рассмотрим причины, обусловливающие геомагнитные инверсии в прошлом и их возможное влияние на климат и жизнь.

В настоящее время общепризнанной точкой зрения на инверсии геомагнитного поля является теория Э.Булларда (I954) и ее модели, представленные Ранкорном /2I/ и Рикитаки /20/.

По теории Э.Булларда смена знаков геомагнитного поля у полюсов происходит вследствие "динамо-эффекта" (вихревых движений токов самоиндукции, возникающих в ядре за счет механического движения жидкой фазы).

Вопрос о том, сохранилось ли ядро в жидкой фазе, до сих пор является предметом дискуссии. Есть предположения /I/, что оно находится в твердом состоянии. Это подрывает основу теории инверсии магнитного поля от "динамо-эффекта".

С позиции "динамо-эффекта" трудно объяснить, почему в гармониках магнитных инверсий высокого порядка (продолжительность которых равна 10^6 лет) внутри имеются короткие

интервалы (порядка 10^3, $10^{1,5}$ лет) с полярностью, противоположной полярности основных циклов. Кроме этого, на современном уровне накопленных знаний, нелогично признавать геомагнитные вариации, происходящие в теле планеты и на ее поверхности, изолированно от электромагнитных процессов, происходящих в солнечной системе и Галактике.

В связи с этим, автор /10/ высказал новую точку зрения по вопросу о причинах, вызывающих геомагнитные инверсии.

По мнению автора, магнитные инверсии (изменение знаков магнитных полей у полюсов на обратные) - это результат движения космической материи.

Вращение ядра сверхгалактики вызывает изменение магнитного поля во всей системе сверхгалактики и в нее входящих галактиках, звездных скоплениях, звездах и планетах. Вращение ядер галактик обусловливает магнитные инверсии в звездных уплотнениях, звездах и планетах, входящих в систему галактик. Вращение ядер звездных уплотнений вызывает инверсии звезд и планет этих уплотнений. Вращение ядер звезд приводит к инверсиям магнитных полей планет и т.д.

Вследствие того, что каждая крупная структурная система метагалактики (сверхгалактика, галактика и т.д.) включает в себя целую систему более мелких, поэтому в пределах этих систем наряду с продолжительными по времени циклами магнитных инверсий имеется целая серия циклов с меньшей продолжительностью.

Магнитные инверсии в плазме, истекающей из центров сверхгалактик , галактических скоплений, галактик, звездных уплотнений, звезд, формируют электромагнитные волны. Поэтому все звезды сверхгалактик постоянно испытывают волновое движение плазмы.

В сверхгалактике возникают сотни долгопериодных волн, сформированных вращением галактических скоплений, десятки тысяч волн, образованных вращением галактик, десятки миллионов среднепериодных волн, образованных вращением звездных уплотнений, и миллиарды малопериодных волн, возникающих вследствие вращения звезд.

При перемещении плазмы от ядра сверхгалактики к периферии, волны, вызванные вращением сравнительно равных по размеру объектов, суперозируют и дают электромагнитные резонансы. Поэтому наше Солнце периодически может оказаться то в положительной, то в отрицательной фазе магнитного резонанса разной продолжительности. В случае, когда Солнечная система оказывалась в положительной фазе магнитного резонанса, Солнце и горные породы планеты постепенно приобретали прямую (нормальную) полярность (отрицательный знак у северного полюса и положительный у южного).

В случае, когда Солнечная система оказывается в отрицательной фазе резонанса, Солнце и наша планета постепенно приобретают обратную полярность - положительным знаком у северного полюса и отрицательным - у южного.

Перейдем к механизму влияния инверсий на поступление плазмы в геомагнитное поле. Наше Солнце, как горячее тело, заряжено положительно, а Земля, как холодное тело, - отрицательно. Когда Солнечная система оказывается в положительной фазе магнитного резонанса, активность Солнца сокращается, а способность Земли поглощать плазму Солнца возрастает.

В случае, когда Солнечная система оказывается в отрицательной фазе магнитного резонанса, активность Солнца увеличивается, а способность Земли поглощать плазму уменьшается. Таким образом между Солнцем и Землей как бы возникает электромагнитный барьер, благодаря которому на Земле оказалась возможной жизнь. Роль электромагнитного барьера выполняют пояса радиации ("магнитные щиты"), охватывающие нашу планету.

Когда Солнечная система оказывалась в положительной фазе магнитного резонанса, Солнце было "спокойным", магнитный щит вокруг Земли ослабевал, способность Земли поглощать солнечную плазму увеличивалась. Когда Солнечная система оказывалась в отрицательной фазе магнитного резонанса, Солнце увеличивало свою активность, магнитный щит вокруг Земли усиливался, способность плазмы проходить через него уменьшалась.

Этим объясняется тот факт, что в периоды максимальной солнечной активности в декабре-январе 1957-1958 гг. поступление солнечной плазмы в геомагнитное поле было пониженным. А в апреле-ноябре 1972 года, в период минимума солнечной активности, околоземное космическое пространство было обильно заполнено интенсивными потоками солнечных протонов с энергией в десятки мегоэлектроновольт и электронов с энергией в десятки килоэлектроновольт (Нариманов, Писаренко, 1973).

При положительной фазе магнитного резонанса (при нормальной полярности планеты) наибольшему облучению подвергались организмы северного полушария. При отрицательной фазе магнитного резонанса (с положительным знаком у северного полюса и отрицательным - у южного) наибольшему облучению подвергались организмы южного полушария.

При постепенной смене полярности, эффект облучения живых организмов ослабевал, но биологические объекты (особенно у экватора) оказывались в зоне пониженной магнитной напряженности, также неблагоприятной для нормального развития.

Рассмотрим влияние фаз магнитного резонанса на изменения климатических условий.

В период положительной фазы магнитного резонанса поглощение планетой плазмы резко усиливается, что приводит к общему потеплению климата Земли. Это потепление происходит неравномерно. Характер его распределения зависит от знаков полярности геомагнитных полюсов.

Когда планета, находясь в прямой полярности (с отрицательным знаком у северного геомагнитного полюса и положительным - у южного), попадает в положительную фазу магнитного резонанса в первой половине длительности этой фазы в северном полушарии отмечается ярчайшее потепление климата, а в южном - похолодание.

После того, когда положительная фаза магнитного резонанса вызывает инверсию геомагнитного поля (на северном полюсе окажется положительный знак, а на южном - отрицательный) в климате северного полушария начнется похолодание, а южного - потепление.

Эта картина изменений климата начнет постепенно меняться при вступлении нашей планеты (как и всей Солнечной системы) в отрицательную фазу магнитного резонанса.

В период отрицательной фазы магнитного резонанса поглощение плазмы планетой резко сокращается, что приводит к общему похолоданию климата, которое постепенно охватывает всю планету. У полюсов это похолодание происходит неодновременно. На фоне общего похолодания проявляются небольшие фазы потепления. Так, при отрицательной фазе магнитного резонанса, в случае, когда северный геомагнитный полюс имеет положительный знак, а южный геомагнитный полюс - отрицательный знак, в климате северного полушария происходит небольшое потепление, а в южном - резкое похолодание.

После того, когда отрицательная фаза магнитного резонанса вызовет инверсию геомагнитного поля (северный геомагнитный полюс приобретёт отрицательный знак, а южный - положительный), в северном полушарии начнется глубокое похолодание, а в южном - небольшое потепление.

Все эти положения показывают насколько сложна картина изменений климата Земли от фаз магнитного резонанса гелио- и геомагнитных инверсий.

Цикличность геомагнитных инверсий

В процессе эволюции Солнечная система неоднократно оказывалась в положительной либо отрицательной фазах магнитного резонанса, что соответственно обусловливало смену знаков магнитного поля Солнца.

За последние 220 лет на Солнце наблюдались следующие циклы магнитных инверсий: 20-22, 22-44, 44-88 лет и т.д. Причем, каждый последующий цикл был в 2 раза больше предыдущего. Так 22 летний цикл состоял из 2-х одиннадцатилетних циклов, 44-летний цикл - из 4-х одиннадцатилетних и 2-х двадцатидвухлетних, 88-летний цикл - из 8-ми одиннадцатилетних, 4-х двадцатидвухлетних, 2-х сорокачетырехлетних циклов. Эта закономерность была отмечена Хэлом в 1919 году и позволяет сделать вывод, что в гармоническом ряду циклич-

ностей геомагнитных инверсий Солнечной системы каждый последующий цикл состоит из кратного удвоения предыдущего цикла.

На основе отмеченной закономерности, автор продолжил цикличный ряд магнитных инверсий, отмеченный на Солнце и получил ряд магнитных инверсий, которые могли проявиться в магнитных вариациях Солнечной системы за 3,5 млрд.лет (табл. I).

Используя сведения о палеоклимате, автор /II/ определил для северного полушария характер теплового эффекта от каждой гармоники ряда магнитных инверсий и составил схему возможных изменений температурных аномалий умеренных широт северного полушария (для отрезков времени 3,5 млрд.лет до н.в., 600, 60, I0 млрд.лет до н.в., I00, I0, 2 тыс.лет до н.в.) от космических факторов.

Таблица I

Циклы магнитных инверсий

№№ п/п	Периоды Т (в годах) расчетные	Периоды Т (в годах) округленные	№№ п/п	Периоды Т (в годах) расчетные	Периоды Т (в годах) округленные
I.	2952790016	2950000000	I7.	45056	45000
2.	I476395008	I480000000	I8.	22528	22500
3.	738I97504	740000000	I9.	II264	II200
4.	369098752	370000000	20.	5632	5600
5.	I84549376	I85000000	2I.	28I6	2800
6.	92274688	92000000	22.	I408	I400
7.	46I37344	46000000	23.	704	700
8.	23068672	23000000	24.	352	350
9.	II534336	II500000	25.	I76	I80
I0.	5767I68	5770000	26.	88	90
II.	2883584	2880000	27.	44	44
I2.	I44I792	I440000	28.	22	22
I3.	720896	720000	29.	II	II
I4.	360448	360000	30.	5,5	6
I5.	I80224	I80000	3I.	2,75	3
I6.	90II2	90000			

Биологические "катастрофы"

Влияние на биологические объекты магнитных инверсий и температурных аномалий наиболее удобно рассматривать за отрезок времени, равный 600 млн.лет. Он охватывает три эры : палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую.

По нашим расчетам табл.I , за 600 млн.летний период наибольшее влияние на климат и биологические объекты могли оказать магнитные инверсии 184, 92, 46 млн.летних циклов.

За последние 600 млн.лет было четыре "биологичес - кие катастрофы" : 565-510; 400-330; 245-200; 75-35 млн. лет назад.

П е р в а я "биологическая катастрофа" относится к среднему и позднему кембрию 565-510 млн.лет назад . В этот период /4/ исчезают докембрийские черви. Их продолжением являются брахиоподы. Считают, что путем упрощения внутренней организации под влиянием прикрепленного образа жизни с одновременным усложнением м усовершенствованием раковины, брахиоподы произошли из докембрийских червей.

В кембрии большое распространение получают трилобиты, где они являются наиболее высокоорганизованными животными. Они быстро расселялись и быстро изменялись.

Значительной эволюции подвергаются радиолярии, а также фораминиферы, гастроподы, ракообразные. В докембрии это были примитивные формы, с очень слаборазвитым скелетом.

В т о р а я "биологическая катастрофа" имела место в конце девона - начале карбона (400-300 млн.лет до н.в.).

В течение этого периода повсеместно вымирают большие группы брахиопод (Pentameracea,Orthacea и др.) и получают развитие плеченогие со сложным рукожаберным аппаратом (Productacea,Stropnomenacea, Spiriferacea и др.). Резко сокращается число видов членистоногих (трилобитов), примитивных кораллов (табулят).

В конце девона отмечается вымирание кистеперых (Crossopterigii) и двоякодышащих (Dipnor) рыб. Получили свое развитие хрящекостные рыбы (Chondrostei).

Третий крупнейший перелом в эволюции органического мира произошел в конце перми и триасе 245-200 млн.лет назад.

В триасе достигают пышного расцвета головоногие моллюски-цератиты. Резко сокращается количество видов брахиопод и полностью погибают членистоногие (трилобиты).

Вымирают хвостатые амфибии (стегоцефалы) и начинают свое развитие амфибии бесхвостые (Anura). Из пресмыкающихся исчезают котилозавры и звероподобные (Theromorpha). Начинают развиваться ихтиозавры, плезиозавры, крокодилы и птерозавры. Из рыб большое угнетение испытывают хрящекостные и начинают завоевывать пространство цельнокостные.

В триасе четырехлучевые кораллы заменяются шестилучевыми. Постепенно исчезают древние формы морских лилий. Появляются устрицы и тригонии.

Четвертый крупнейший перелом в эволюции органического мира определился в конце мелового периода и начале палеогена (75-35 млн.лет назад).

Справедливо считают /4/ конец мела и начало кайнозоя временем огромных кризисов в истории и жизни Земли.

В это время произошло вымирание иноцерамов, рудистов, аммонитов, белемнитов, морских и наземных ящеров. Их сменили редкие и до этого слаборазвитые виды млекопитающих, которые в кайнозое стали господствующими.

Анализ периодичности проявления "биологических катастроф", магнитных инверсий и изменений климата показал:

I. "Биологические катастрофы" чаще всего происходят при изменении знаков магнитного поля (от прямого направления к обратному) главного для данного отрезка времени цикла магнитных инверсий (I84 млн.лет).

2. Магнитные инверсии с меньшими гармониками (92 и 46 млн.лет) периодически то усиливали, то ослабляли действие главного цикла.

3. "Биологические катастрофы" зависят прежде всего от смены полярности и напряженности геомагнитного поля и в

меньшей степени от климата, так как, судя по рис. I и 2, они начинались при сравнительно нормальных климатических условиях (для того времени).

В соответствии с прогнозом влияния I84 млн.летнего цикла магнитных инверсий на геомагнитное поле (рис. 2) можно ожидать, что очередная "биологическая катастрофа", вызванная сменой знаков магнитного поля у полюсов (от прямого направления к обратному), произойдет через 85 млн.лет. Она будет продолжаться от 85 до I35 млн.лет в будущем, приведет к вымиранию многих старых и формированию новых групп организмов.

Влияние плиоцен-четвертичных инверсий

На примере 600-летнего отрезка времени мы рассмотрели эволюцию организмов и периодическую резкую смену видов, родов и семейств.

Эти изменения в организмах накапливались постепенно и могут быть замечены на более коротких отрезках времени, хотя и в более мелких масштабах.

Как показали исследования, инверсии магнитного поля в неоген-четвертичное время происходили довольно часто; для этого времени составлена мировая палеомагнитная шкала /I5/.

С правой стороны рисунка 3 дана палеомагнитная геохронологическая шкала, а с левой стороны - приводится хронологическая шкала времени и представлены циклы магнитных инверсий для этого отрезка времени, полученные расчетным путем (из табл. I).

Здесь отчетливо прослеживается эпоха обратной намагниченности Матуямы (от 2,4 до I,02 млн.лет до н.в.), продолжительность которой составляет I,4 млн.лет.

Эпоха прямой намагниченности Гаусса (от 3,35 до 2,4 млн.лет до н.в.) представлена неполностью. Эпоха Брюнеса (прямой намагниченности), начавшись I,02 млн.лет назад, продолжается и в настоящее время.

Продолжительность отмеченных выше эпох в плиоцен - четвертичное время, по мнению автора, равна I,4 млн.лет, что соответствует полупериоду цикла магнитных инверсий 2,88 млн. лет.

Судя по расчетам, каждая эпоха, имеющая продолжительность I,4 млн.лет, состоит из веков, продолжительность которых составляет 0,7; 0,35 и 0,18 млн.лет.

Главным, определяющим развитие биологических объектов циклом магнитных инверсий за период 4 млн.лет является цикл (эпоха), продолжительность которого равна I,4 млн.лет.

Исходя из ранее сделанных выводов о том, что "биологические катастрофы" происходят в основном при смене прямой полярности магнитного поля на обратную, можно ожидать, что значительные изменения видового состава организмов могли произойти 2,6-I,8 млн.лет назад. Этот период охватывает конец эпохи Гаусса, начало эпохи Матуямы и сюда же входит эпизод Олдувей, в котором отмечены видовые и подвидовые изменения в фауне фораминифер, радиолярий, наннопланктона /I6,I7/. Эти факты подтверждают наши предположения о значительном "биологическом эффекте" определяющего (для данного отрезка времени) цикла магнитных инверсий при смене полярности геомагнитного поля от прямого направления к обратному.

В Ы В О Д Ы

I. Магнитные инверсии и изменения напряженности магнитного поля вызывают значительные паталогические и генетические изменения в живых организмах.

2. Геомагнитные инверсии возникают не от "динамо-эффекта", а под влиянием магнитных инверсий солнечной системы и галактической среды. Это - результат движения космической материи, поэтому инверсии многоцикличны (непрерывны во времени и пространстве).

3. Магнитные инверсии обусловливали цикличность в эволюционном развитии биологических объектов. Цикличность проявлялась в периодически повторяющихся "биологических катастрофах", когда повсеместно вымирали крупные группы, семейства и роды в сравнительно короткие геологические отрезки времени. Оставались в живых наиболее приспособленные биологические объекты, которые в последствии получали свое максимальное развитие.

4. За последние 600 млн.лет было четыре крупнейших "биологических катастрофы": 565-5I0; 400-330; 245-200; 75-35 млн.лет назад.

5. Очередная "биологическая катастрофа", когда произойдет вымирание многих старых видов и формирование и расселение новых живых организмов, ожидается через 85 млн. лет (от 85 до I35 млн.лет).

6. "Биологические катастрофы" как большие, так и малые чаще всего происходят при изменении знаков магнитного поля у полюсов (от прямого направления к обратному).

Литература

I. Демоницкая Р.М. Кора и мантия Земли. "Недра", М., I967.
2. Зудин А.Н., Поспелова Г.А., Сакс В.Н. Геология и геофизика № 8, I969.
3. Крылов А.В., Тараканова Г.А. Физиол.растений, 7, вып.2, I960.
4. Кузнецов С.С. Историческая геология. М., I962.
5. Могендович М.Р. и Тишанькин В.Ф. Бюлл.эксперим.биол. и мед., 25, 6, I948.
6. Нариманов Г., Писаренко М. Сообщает "прогноз" "Правда" от 6 мая I973.
7. Поддубный А.Г. В кн. "Бионика", М., "Наука", I965.
8. Поспелова Г.А., Зудин А.М. Геол. и геофиз. № 6, I967.
9. Сакаян А.Р. В кн. "Вопросы бионики", "Наука", М., I967.
I0. Свердлова Л.И. Мат.XXУП научно-техн.конф. Хаб.ИИЖТа вып. I2, Хабаровск, I972.
II. Сверлова Л.И. Мат.XXУШ научно-техн.конференции Хаб. ИИЖТа, вып. I2, Хабаровск, I973.
I2. Холодов Ю.А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. "Наука", М., I966.
13. Barnothy J.M. In. "Medical Physics ", 3, Chicago, 1960.
14. Berker R.O. N.Y.State J.Med., 63, No. 15, 1963.
15. Cox A., Doel R., Dalrymple B. Jn.Quaternary of tne United States, Princeton, 1965.
16. Harrison C.G., Funnel B.M. Nature, 204, No. 4958, 1964.

17. Hays J.D., Opdyke N.D. Science, 158, No. 3804, 1967.
18. Jitariu P,, 1966. De Rev roumaine biol.Zool., 11, No. 1, 3, 1966.
19. Opdyke N.D., Glass B., Hays J.D., Foster J. Science, v. 154, 1966.
20. Rikiteke T. Proc. Cambr. phil. soc., 54, 1-2, 1958.
21. Runcorn S.K. Annal. de geophys., 11, No. 1, 1955.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

СБОРНИК ДОКЛАДОВ "КОСМОС И ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗМОВ"

Е.А.Рейтлингер
Геологический институт АН СССР

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ЭТАПНОСТЬ РАЗВИТИЯ ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ФОРАМИНИФЕР И КОСМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Этапность развития органического мира известна уже давно.Особенно широко этот термин стал использоваться в палеонтологических исследованиях последних десятилетий. Однако, это понятие разными исследователями часто определяется неоднозначно. Чаще всего под этапностью развития понимается смена ассоциаций представителей органического мира в связи с историей того или иного участка Земной поверхности, т.е. с позиций эколого-биогеографических. Здесь можно, в первую очередь, назвать классические работы Н.И.Андрусова, В.П.Колесникова и многих других.

В тоже время в начале нашего века стало устанавливаться понятие этапности, связанное с определенными биологическими закономерностями, выявляющимися в процессе эволюционного развития ряда органических групп. В отличие от широко используемого термина "этапность", будем в дальнейшем эту этапность называть эволюционной.

Основу последней составляют эволюционные закономерности, установленные А.Н.Северцевым(15). Значимость исследований Северцева в связи с выявлением особенностей развития и их периодичности подчеркивается в работе Б.С.Матвеева(7).

эволюционный этап в свете этих положений слагается из двух периодов, отличающихся качественной стороной преобразований и темпами эволюции. Каждый этап начинается кратковременным периодом ароморфоза – быстрым качественным преобразованием высокого значения , "скачком вверх " по А.Н.Северцову. Этот период как переломный момент в эволюции данных таксонов хорошо выступает на филогенетических схемах. За периодом ароморфоза, как следствие, следует период идиоадаптации ; по Северцову развитие идет как бы по плоскости , в смысле оценки значимости эволюционных преобразований. Это период относительно длительных адаптивных приспособлений.

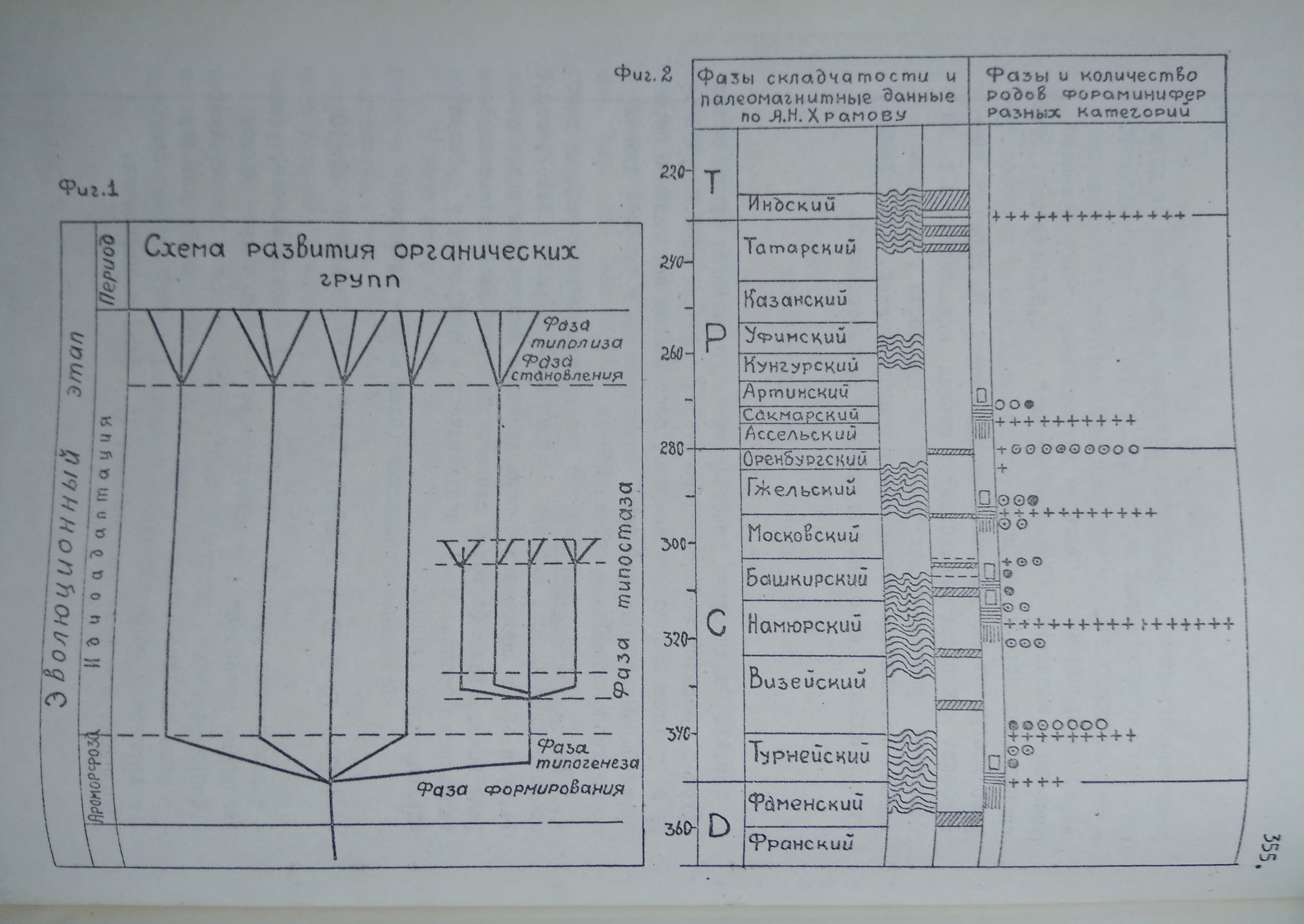
Фиг. I. Общая схема филогенетического развития органических групп в пределах эволюционного этапа, с фазами по О.Шиндевольфу и предполагаемое , примерное, соотношение последних с периодами А.Н.Северцова и фазами, выявляющимися у рубежей этапов по верхнепалеозойским фораминиферам.

Фиг. 2. Схема распределения фаз складчатости и сводный палеомагнитный разрез карбона и перми по А.Н.Храмову (I967, стр. 94, рис. 2) и соотношение этих данных с количеством родов отряда Fusulinida (в объем этого отряда включаются также эндотироидные фораминиферы), появляющиеся и вымирающих у рубежей эволюционных этапов.

Условные обозначения (один знак – один род)

+-1 ○-2 ⊙-3 ●-4 ≋-5 ▨-6 □-7 ▫-8 ≡-9 ||||-10

I – вымирающие роды; 2 – появляющиеся; 3 – появляющиеся, с переходными признаками, недолговечные; 4 – роды с ароморфными преобразованиями, быстро кустисторазвивающиеся в дальнейшем; 5 – фазы складчатости; 6 – горизонты прямой намагниченности; 7 – горизонты обратной намагниченности; 8 – ароморфные преобразования; 9 – фаза становления; I0 – фаза формирования.



Фиг.1
Схема развития органических групп
Период
Эволюционный этап
Идиоадаптация
Ароморфоз
Фаза типолиза
Фаза становления
Фаза типостаза
Фаза типогенеза
Фаза формирования
Фиг.2
Фазы складчатости и палеомагнитные данные по А.Н. Храмову
Фазы и количество родов фораминифер разных категорий
220
240
260
280
300
320
340
360
T
P
C
D
Индский
Татарский
Казанский
Уфимский
Кунгурский
Артинский
Сакмарский
Ассельский
Оренбургский
Гжельский
Московский
Башкирский
Намюрский
Визейский
Турнейский
Фаменский
Франский

Близкая аналогия к явлениям установления А.Н.Северцовым получена исследованиями О.Х.Шиндевольфа (24) . В этапах развития ряда органических групп им выявляются последовательные фазы - типогенеза, типостаза и типолиза. Первая в своем понятии близка к сущности периода ароморфоза , вторая - к периоду идиоадаптаций. Место третьей повидимому в конце последнего (фиг.I).

Д.Г.Симпсоном (I6) в развитии изученных им органических групп были выделены три формы эволюции, преобладающие в разные моменты её хода, а именно квантовая, филетическая и видообразования . Выделенные формы эволюции представляют большой интерес с позиций этапности, так как в известной мере подкрепляют периодичность, установленную А.Н.Северцовым. Особенно интересно определение квантовой или "взрывной " эволюции - резкий быстрый переход к новым преобразованиям, приводящим обычно к формированию новых групп высокого ранга. По смыслу своему она близка к явлениям наблюдаемым в период ароморфоза и фазу типогенеза.

Сходные с вышеуказанными закономерностями установленными на примере высокоорганизованных групп, в последние годы, были прослежены также в развитии простейших, в частности верхнепалеозойских фораминифер (8).

На основе детально разработанной схемы филогенетического развития последних, были выявлены явления близкие к понятию периодов ароморфозов и идиоадаптаций, а также установлены фазы сходные по своему значению с вышеуказанными . А именно, фаза становления - в конце периода идиоадаптации и и фаза формирования связанная с началом периода ароморфоза(I2).

Таким образом, в развитии верхнепалеозойских фораминифер наметились эволюционные этапы, в близком значении А.Н.Северцова, с рубежами различного ранга и со смежными характерными фазами. Эти рубежи, отражающие переломные моменты в филогенезе фораминифер определялись резким или значительным вымиранием процветавших ранее групп и быстрым преобразованием групп перешедших данный рубеж.

Таких рубежей выявилось несколько. Два рубежа очень

крупного ранга мегаэтапа, примерно отвечающих границам систем девонской и каменноугольной и, соответственно, пермской и триасовой ; в целом преобразования у этих рубежей через соответствующие фазы привели к смене отрядов фораминифер. Далее - один рубеж I порядка, разделяющий этапы каменноугольный и пермский - со сменой подотрядного или надсемейственного значения и ряд рубежей П порядка, отвечающих этапам отделов, со сменой надсемейств, семейств и групп родов. Поскольку установленные закономерности имеют близкую или полную аналогию в развитии разных органических групп, можно предполагать, что эволюционная этапность имеет универсальное значение. Однако, чтобы оценить значение этого явления в полной мере, следует рассмотреть вопрос его причинности. Например, заложена ли она только в самой сущности органической природы или должны быть какие - то внешние факторы, его определяющие. Вспомним, что Симпсон для своей квантовой эволюции, повидимому преобладающей в моменты ароморфозов, отмечал наличие внешнего интенсивного импульса, способного вывести биологическую систему из равновесия.

Многие ученые пытались объяснить резкое вымирание органических групп рядом причин ; как то: связью с общими биологическими закономерностями развития, влиянием эколого-палеогеографических изменений, интенсивностью тектонических фаз и наконец космическими явлениями (I,25). Вопрос причин резкого вымирания обычно осложнялся еще тем фактом, что ему предшествовало повышенное формообразование в некоторых ветвях свойственных данному этапу. А это последнее, в свою очередь, во многих случаях, происходило ранее моментов явного усиления интенсивности тектонических проявлений широкого плана. Этот факт для палеозойской фауны указывался рядом исследователей (2,6,I7). Е.А.Иванова (2), учитывая эти данные, связывала появление новых элементов с повышающейся в это время радиактивностью. Как указывалось выше, О.Шиндевольф , а за ним и многие другие авторы стали объяснять причину резкого вымирания космическими факторами (I9,25) . В этом случае, повидимому, легче всего предполагать ионизирующие излучения, источником которых могут быть радиактивные вещества биосферы

и космические излучения, связанные с солнечной активностью. Кратко остановимся на некоторых положениях имеющихся в литературе по этому вопросу (3,4,9).

Предполагается что ионизирующая радиация воздействует на организм, как физический раздражитель . Специфика ионизирующей радиации заключается лишь в присущей ей комбинации вызываемых ею изменений и степени их выражения. Реакция организмов на нее будет подчинена общим биологическим законам. Эти данные подтверждаются рядом экспериментальных доказательств, выявленных главным образом на растениях, но также и на некоторых представителях животного мира. В частности, установлено, что реакция на излучение, например растений, может происходит по закону гомологических рядов Вавилова. Выявлено также, что биологический эффект (повышенная мутабельность и другие) будет зависить , как от величины и длительности воздействия, так и от состояния и биологических особенностей самого организма. При этом различные организмы обладают различной устойчивостью к облучению; наиболее высока она у низших организмов (например в 5 раз больше чем у моллюсков). Кроме того устойчивость наиболее высока в зрелом возрасте и слабее выражена у молодых и старых. Отмечено влияние ионизирующих излучений также на плодовитость и темпы роста организмов, они могут в зависимости от воздействия повышаться или понижаться.

В настоящее время все эти положения и некоторые другие могут быть применены при анализе хода эволюции ископаемых форм. Кроме того, как некоторый фактический материал, могут быть использованы данные палеомагнетизма. Возможность связи последнего с биологическими особенностями развития отмечается многими учеными. Так А.Н.Храмов (20, стр.94) пишет:"Возможное влияние инверсий на биологическую эволюцию связано с разрушением и перестройкой магнитосферы Земли во время инверсий, когда экранизирующее ее влияние может резко упасть и увеличение радиации на земную поверхность станет существенным фактором естественного отбора и мутационного видообразования. "

Вернемся к эволюционной этапности развития верхнепалео-

зойских фораминифер. Посмотрим ,как наблюдающиеся особенности развития у рубежей этапов укладываются в рамки представлений воздействия ионизирующих излучений. Отметим попутно,что время разделяющее рубежи высокого ранга (мегаэтапов), а именно девона и карбона и перми и триаса с фундаментальной перестройкой сообществ (смене отрядов) составляет примерно I20 млн лет ; рубеж этапов более низкого ранга , но I -го порядка (граница карбона и перми) разделяет интервалы времени примерно соответственно равные 70 и 50 млн лет ; и наконец рубежи П порядка (рубеж отделов) в пределах 20 - 35 млн лет. Порядок этих цифр в какой - то мере можно связать с моментами различных космических проявлений (2I) .

Нижний из рубежей высокого ранга, рубеж девонского и каменноугольного этапа с позиций эволюционной этапности не совпадает с официально принятой в стратиграфической шкале границей девона и карбона . Следует отметить что определение этой границы дискуссионно ; с разных позиций предлагаются несколько возможных границ.(Доклад советских специалистов на УП Международном Конгрессе по стратиграфии карбона).

Своеобразный ход развития фораминифер, у этого рубежа рассматривался нами на примере материалов Центрального Казахстана (I0). Новые элементы в девонской фауне, как известно появляются почти сначала фаменского века . У рубежа девонского и каменноугольного этапов они достигают своего расцвета, но быстро вымирают,заканчивая таким образом определенное звено в эволюции эндотироидных фораминифер. В конце их кратковременного развития отмечаются резко выраженные явления гигантизма, уродств, сокращение онтогенезов, развертывание спирали,наличия форм с очень крупными начальными камерами и в целом повышенная мутабильность с широким диапозоном изменчивости родовых и видовых признаков т.е. как бы потеря равновесия в ранее наметившихся путях развитие. Впервые встретившись с подобным комплексом изменчивости мы предполагали его связать с вредным влиянием локального обогащения данного палеобассейна микроэлементами. Однако, когда это явление стало известно и для других регионов Евразии, возник вопрос иной причинности этой

биологической специфики. Сама форма быстро протекавшей эволюции квазиэндотир с неустойчивым проявлением признаков, свойственных более высокообразованным формам отряда Fusulinida вызвала аналогию с инадаптивной формой эволюции, установленной В.В.Ковалеским, - т.е. ускоренной эволюции без глубокой перестройки внутренней организации, обычно приводящей к вымиранию группы следующей этим путем. Сходные черты развития можно отметить и для некоторых других одновременно существовавших групп. А именно, почти одновременная вспышка в развитии с быстрым угасанием отмечается для аммоноидей (13) и конодонтов(22). Интересна образная характеристика данная З.А.Максимовой и Н.Е.Чернышевой (5) для хода развития трилобитов. Эти авторы, отмечая повышение родо-и видообразования на рубеже франского и фаменского веков, указывают, что быстро возникающие и быстроисчезающие роды, как бы ищут подходящих условий для своего существования. В целом фаменский век особенно его вторая половина, характеризуется той или иной перестройкой внутри ранее существовавших органических сообществ (кроме указанных групп перестройка происходит среди кораллов, остракод и отчасти брахиопод, а также отмечается в спектре микрофлоры. Планетарный масштаб изменений у границы франа и фамена подчеркивается Мак Лареном (23). Хотя в пределах фаменского века моменты появления и расцвета различных групп кажутся несколько скользящими, что привело к заключению об асинхронности рубежей развития разных групп, в целом основной переломный уровень ведущих групп во временном отношении относительно совпадает, отмечая начало нового нижнекаменноугольного этапа.

Никаких особенно значительных экологических и палеобиогеографических изменений, а также тектонических проявлений в рассматриваемом промежутке времени неизвестно (интенсивность последних проявилась явно позднее). Отсюда вытекает возможность связать специфику наблюдаемых явлений, как-то повышенную мутабельность и т.п. с воздействием ионизирующих излучений , учитывая сходство проявления изменений в том и другом случае. Это предположение подкрепляется материалами по палеомагнетизму (20).

У рубежа франа и фамена отмечается палеомагнитная инвер-

сия с кратковременным установлением прямой намагниченности. Возможно, этот момент способствовал усилению радиации, воздействие которой привело с одной стороны к возникновению "полезных" мутантов, прошедших в дальнейшем естественный отбор, с другой стороны способствовало нарушению биологического равновесия - краткому быстрому расцвету с внезапным вымиранием[x]).

Сходные, в какой-то мере, явления могут быть прослежены у второго крупного рубежа, у границы пермской и триасовой систем (I4). Биологические изменения у этого рубежа особенно резко должны сказаться, поскольку здесь отмечается существенная смена палеомагнитных планов, смена обратной намагниченности, свойственной верхнему палеозою в целом, на прямую через серию инверсий. Как известно, по фораминиферам конец пермского этапа характеризуется резким вымиранием ранее процветавшего отряда, развитием аберрантных форм и появлением неустойчивых новых элементов. Вымирание многих других групп у этого рубежа приводится, как классическое.

Из рубежей П-го ранга, отмечающих относительно крупные этапы, порядка отделов в стратиграфической шкале, мы кратко остановимся на рубеже нижне- и среднекаменноугольного этапов (фиг.2).

Рубеж и фазы, связанные с ароморфными преобразованиями у ведущих групп фораминифер, для рассматриваемых этапов выявляются в пределах намюрского века. Сходные явления, с вышеприведенными, как то повышенная мутабильность, гигантизм и другие также как и значительное вымирание ранее процветавших групп предшествует и тут переломному моменту эволюции и составляет характерную черту комплексов данного рубежа. Однако уровень преобразований, в таксономическом значении, в этом случае ниже, перестройка происходит внутри надсемейств и семейств, тогда как в случае рубежей мегаэтапа наблюдались изменения отрядного порядка (11).

Обращаясь к данным по палеомагнетизму, согласно работы А.Н.Храмова (20), можно считать что наблюдающиеся явления в какой-то мере, связаны с серией чередующихся горизонтов прямой и обратной намагниченности, которая охватывает верхи намюрского и большую часть башкирского яруса т.е. опять предполагает связь с усилением радиации (фиг.2).

х Примечание. Мы не приводим цифры скоростей родо и видообразования, поскольку взгляд на таксономическую систему квазиэндотирид, еще не однозначен.

Рубеж этапов I порядка каменноугольного и пермского также как рубеж средне и верхнекаменноугольного этапов II порядка, будучи выражен в эволюционном плане сходно с рассмотренными ниже, находит очень слабое соответствие с палеомагнитными данными. При этом интересно отметить, также следующий момент, по материалам М.Н.Соловьевой (18): этап замедленных темпов эволюции в целом для большинства рассмотренных ею семейств фузулинид приходится на верхнекаменноугольный и большую часть пермского этапа т.е. на интервал времени в котором по А.Н.Храмову не отмечается инверсий.

На основе рассмотренного материала можно сделать следующие выводы :

I) Особенности биологических явлений у рубежей эволюционных этапов и в смежных им фазах, связанных с ароморфными преобразованиями, в большинстве случаев, как будто подтверждают наличие внешних интенсивных импульсов выводящих данную биологическую систему из равновесия (путем повышенной мутабильности и выведения из строя ранее процветавших органических групп). Результаты реакций различных органических групп на ионизирующие излучения, частично установленные экспериментально, находят себе известную аналогию в эволюционных особенностях наблюдающихся на рубежах этапов высокого ранга.

2) Эти выводы биологического аспекта в ряде случаев подкрепляются материалами палеомагнитных исследований, а именно, в примерном совпадении ароморфных рубежей с горизонтами или зонами палеомагнитных инверсий.

3) Было бы ошибкой связывать все рубежи и в частности более низкого ранга с ионизирующими излучениями. Так рубежи этапов III ранга соответствующие этапам ярусного значения, в периоде идиоадаптации, повидимому определяются последовательными адаптивными приспособлениями.

Литература

1. Давиташвили Л.Ш. 1969. Причины вымирания организмов Изд-во "Наука".

2. Иванова Е.А.1955.Докл. АН СССР, том 105, № 1.

3. Кудрицкий Ю.К. 1971. Радиактивность и жизнь.Изд-во "Знание ".

4. Кузин Я.М.1970. Проблемы радиобиологии. Изд-во "Знание"

5. Максимова З.А., Чернышева Н.Е. 1966. Труды УШ сессии ВПО Изд-во "Недра".

6. Малахова Н.П.1956. Докл. АН СССР, 106, № 6.

7. Матвеев Б.С.1967. В кн.: А.Н.Северцев. Главные направления эволюционного процесса. Изд.Моск.Унив.

8. Раузер - Черноусова Д.М. 1963. Историческое развитие фузулинид и границы стратиграфических подразделений.Вопр. микропалеонтол. 7. Изд-во АНСССР.

9. Резанов И.А.1972. Великие катастрофы в истории Земли. Изд-во "Наука".

10. Рейтлингер Е.А. 1961. Вопр.микропалеонтол. 5. Изд-во АН СССР.

11. Рейтлингер Е.А. 1963. Вопр.микропалеонтол.7. Изд-во АН СССР.

12. Рейтлингер Е.А. 1969. Вопр.микропалеонтол. 12.Изд-во АН СССР.

13. Руженцев В.Е.1960. Принципы систематики ,система и филогения палеозойских аммоноидей. М. Изд-во АН СССР.

14. Руженцев В.Е.,Сарычева Т.Г.1965. Развитие и смена морских организмов на рубеже палеозоя и мезозоя. Труды палеонтол. ин-та. Изд-во "Наука ".

15. Северцев А.Н. 1967. Главные направления эволюционного процесса. Изд-во. Моск. Унив.

16. Симпсон Д.Г. 1948. Темпы формы эволюции. Изд-во"иност. лит-ра".

17. Соловьева М.Н. 1963. Стратиграфия и фузулинидовые зоны среднекаменноугольных отложений Средней Азии. Труды Геол.Ин-та АН СССР, вып.76.

18. Соловьева М.Н. 1966. Вопр.микропалеонтол. 10. Изд-во АН СССР .

19. Халфин Л.Л. 1972. Мат. по стратигр. и палеонт.Сибири вып. 146.

20. Храмов А.Н.1967. Изв.Ак.Наук СССР . Физика Земли № 1.

21. Чижевский А.Л. 1973. Земное эхо солнечных бурь. Изд-во "Мысль ".

22. Helms J. 1963. Geology N 12, Heft 4.

23. Mc Laren D.J. 1970. Jour. Pal. vol 44 N 5.

24. Schindewolf O.H. 1954. Zs.Deutsch. Geol. Ges.105, N 2 Haunover.

25. Schindewolf O.H. 1962. Zeitschrift Deutschen Geolog. Gesell. 114, Teil 2.

Л-на депонир. от 24 XII-73 г. Под. в печ. 20 XII-73 г.
Зак. 60. Объем 32 п. л. Тир. 400

Типография МГПИ им. В. И. Ленина

Цена 1 руб.